

Konzept zur Reduktion der Regenfleckenkrankheit - Ermittlung von Parametern zur Biologie der Erreger unter westeuropäischen Klimabedingungen als Grundlage für die Weiterentwicklung eines Prognosemodells

Concept for the Reduction of Sooty Blotch Disease – Determination of the Biological Parameters under West European Climate Conditions as the Basis for the Development of a Disease Prediction Model

FKZ: 06OE323

Projektnehmer:

Stiftung Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee
Schuhmacherhof 6, 88213 Ravensburg-Bavendorf
Tel.: +49 751 79030
Fax: +49 751 7903322
E-Mail: mayr@kob-bavendorf.de
Internet: <http://www.kob-bavendorf.de>

Autoren:

Mayr, Ulrich; Weber, Roland W. S.; Renner, Ute; Buchleither, Sascha; Beer, Margarita; Maxin, Peter

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Die inhaltliche Verantwortung für den vorliegenden Abschlussbericht inkl. aller erarbeiteten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen liegt beim Autor / der Autorin / dem Autorenteam. Bis zum formellen Abschluss des Projektes in der Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau können sich noch Änderungen ergeben.



Forschungsprojektnummer 06OE323

„Konzept zur Reduktion der Regenfleckenkrankheit“
Ermittlung von Parametern zur Biologie der Erreger unter westeuropäischen Klimabedingungen als Grundlage für die Weiterentwicklung eines Prognosemodells

Schlussbericht



Laufzeit: 01.07.2007 - 30.06.2010

Zuwendungsempfänger
Kompetenzzentrum Obstbau – Bodensee
Schuhmacherhof 6
88213 Ravensburg - Bavendorf

Antragsteller und am Projekt beteiligte Partner

Antragsteller:	
<p>Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (KOB)</p> <p>Dr. Ulrich Mayr Schuhmacherhof 6, 88213 Ravensburg Tel.: +49 (0)751-7903-301 Fax: +49 (0)751-7903-322 e-mail: mayr@kob-bavendorf.de</p>	
Projekt- und Kooperationspartner:	
<p>Obstbauversuchsanstalt Jork OVB Jork</p> <p>Dr. Roland W. S. Weber Moorende 53, 21635 Jork Tel.: +49 (0)4162-6016-133 Fax: +49 (0)4162-6016-600 e-mail: roland.weber@lwk-niedersachsen.de</p>	<p>Versuchsstation für Obstbau Schlachters Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan</p> <p>Ute Renner Burgknobelweg 1, 88138 Sigmarszell Tel.: +49 (0)8389- 923745 Fax: +49 (0)8389- 923746 e-mail: ute.renner@fh-weihenstephan.de</p>
<p>Beratungsdienst Ökologischer Obstbau</p> <p>Sascha Buchleither Schuhmacherhof 6, 88213 Ravensburg Tel.: +49 (0)751-7903-323 Fax: +49 (0)751-7903-326 e-mail: buchleither@oekoobstbau.de</p>	<p>Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (KÖN) Außenstelle OVB Jork</p> <p>Peter Maxin / Margarita Beer Moorende 53, 21635 Jork Tel.: +49 (0)4162-6016-140 Fax: +49 (0)4162-6016-610 e-mail: margarita.beer@lwk-niedersachsen.de</p>

Inhaltsverzeichnis

1	Vorhabensbeschreibung.....	5
1.1	ZIELE UND AUFGABENSTELLUNG DES PROJEKTES	5
1.2	BEZUG DES VORHABENS ZUM PROGRAMM ZUR FÖRDERUNG VON FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSVORHABEN SOWIE VON MAßNAHMEN ZUM TECHNOLOGIE- UND WISSENSTRANSFER IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU	7
1.3	PLANUNG UND ABLAUF DES PROJEKTES	7
1.4	WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND ZU BEGINN DES VORHABENS	10
2	Darstellung der Ergebnisse der Projektpartner nach Fragestellungen	11
2.1	ERMITTLUNG DER ÜBERWINTERUNGSQUARTIERE SOWIE ALTERNATIVER WIRTSPLANZEN (TB 1).....	11
2.1.1	<i>Inkubationsversuche zur Ermittlung der Überwinterungsquartiere am Standort Bavendorf.....</i>	11
2.1.2	<i>Untersuchungen zu Überwinterungsquartieren und Alternativwirten am Standort Jork.....</i>	14
2.2	CHARAKTERISIERUNG UND IDENTIFIZIERUNG DER IN DEN REGIONEN BODENSEE UND NIEDERELBE DOMINIERENDEN RFK- UND FSK-ERREGER (TB 2)	16
2.2.1	<i>Isolierung der Erreger und Etablierung einer Stammsammlung (OVB Jork)</i>	16
2.2.2	<i>Durchführung der Kochschen Postulate (OVB Jork).....</i>	17
2.2.3	<i>Charakterisierung der RFK-Erreger am Bodensee und an der Niederelbe (OVB Jork).....</i>	18
2.2.4	<i>Ausbreitung der RFK-Erreger am Bodensee und an der Niederelbe (OVB Jork).....</i>	20
2.2.5	<i>Änderungen im Artenspektrum der RFK- und RFK-assoziierten Pilze während der Lagerung (OVB Jork).....</i>	22
2.3	BONITUR DER SYMPTOMAUSPRÄGUNG IM FREILAND (TB 3)	25
2.3.1	<i>Bonitur des Inokulumaufbaus im Zeitraum Juni bis zur Ernte (KOB Bavendorf)</i>	25
2.3.2	<i>Befallsdynamik der RFK an der Niederelbe: flächige Bonitur (OVB Jork)</i>	28
2.4	AUFKLÄRUNG DER INFektionsDYNAMIK IM FREILAND (TB 4).....	34
2.4.1	<i>Ein- und Austüten von Früchten (KOB Bavendorf).....</i>	34
2.4.2	<i>Ausbringen von Köderäpfeln (KOB Bavendorf).....</i>	37
2.4.3	<i>Weitere Tastversuche zur Überprüfung der Methodik (KOB Bavendorf)</i>	38
2.4.3.1	<i>Sammeln sich entwickelnder Früchte im Infektionszeitraum und Inkubation im Brutschrank.....</i>	38
2.4.3.2	<i>Auslegen der zeitweise eingetüteten Äpfel ins Gras</i>	38
2.4.4	<i>Durchführung eines Versuches zur Ermittlung des Infektionszeitpunktes mittels Containerbäumen im Folientunnel (Schlacters)</i>	40
2.4.5	<i>Periodisches Ausstellen von Topfbäumen in einer stark befallenen Ertragsanlage (Schlacters).....</i>	45
2.4.6	<i>Temporärer Schutz vor natürlichen Niederschlagsereignissen mittels Abdeckung mit mobilem Dach (KOB Bavendorf)</i>	51
2.5	CHARAKTERISIERUNG DER DYNAMIK DES INOKULUMAUFBAUS IN ABHÄNGIGKEIT VON REGENDAUER UND REGENINTENSITÄT (TB 5)	54

2.5.1	<i>Simulation von unterschiedlichen Regenereignissen im Hauptinkubationszeitraum Juni bis August (KOB Bavendorf)</i>	54
3	Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	60
3.1	ERMITTLUNG DER ÜBERWINTERUNGSQUARTIERE UND ALTERNATIVER WIRTS-PFLANZEN (TB 1).....	60
3.2	IDENTIFIZIERUNG DER AN DEN STANDORTEN DOMINIERENDEN RFK-/FSK-ERREGER (TB 2)	60
3.3	BONITUR DER SYMPTOM AUSPRÄGUNG IM FREILAND (TB 3)	60
3.4	INFEKTIONSDYNAMIK IM FREILAND (TB 4).....	61
3.5	INOKULUM-AUFBAU IN ABHÄNGIGKEIT VON REGENDAUER UND REGENINTENSITÄT (TB 5)	61
3.6	TRANSFER IN DIE PRAKTISCHE ANWENDUNG (TB 6).....	61
4	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	62
4.1	ERMITTLUNG DER ÜBERWINTERUNGSQUARTIERE UND ALTERNATIVER WIRTS-PFLANZEN (TB 1)	62
4.2	IDENTIFIZIERUNG DER AN DEN STANDORTEN DOMINIERENDEN RFK-/FSK-ERREGER (TB 2)	62
4.3	BONITUR DER SYMPTOM AUSPRÄGUNG IM FREILAND (TB 3)	62
4.4	INFEKTIONSDYNAMIK IM FREILAND (TB 4).....	63
4.5	INOKULUM-AUFBAU IN ABHÄNGIGKEIT VON REGENDAUER UND REGENINTENSITÄT (TB 5)	63
4.6	TRANSFER IN DIE PRAKTISCHE ANWENDUNG (TB 6).....	63
5	Zusammenfassung	64
6	Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Ziele	64
7	Literaturverzeichnis	67
8	Realisierte Publikationen	68

1 Vorhabensbeschreibung

1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Unter den Begriffen Regenfleckenkrankheit (RFK) und Fliegenschmutzkrankheit (FSK), im Englischen Sooty Blotch und Flyspeck diseases, versteht man eine Besiedlung der Oberfläche (Kutikula) von Äpfeln und anderen Früchten durch Pilze, welche dunkel pigmentierte (melanisierte) Hyphen und/oder Fruchtkörper bilden. Obgleich keine Penetration der Epidermis erfolgt und die Frucht somit physiologisch gesund bleibt, sind Äpfel mit RFK- und FSK-Symptomen aufgrund ihrer unansehnlichen Optik (Abb. 1) nicht mehr als Tafelobst zu vermarkten. Entsprechend hoch können die Ertragseinbußen für betroffene Obsterzeuger ausfallen und im Extremfall eines starken Befalls bei niedrigen Mostobstpreisen bis zum Totalverlust reichen.



Abbildung 1: Starker RFK-Befall an ökologisch produzierten 'Elstar'-Äpfeln an der Niederelbe (Oktober 2008).

In diesem Projekt sollte daher die Infektionsbiologie des an RFK und FSK beteiligten pilzlichen Schaderregerkomplexes charakterisiert werden mit dem Ziel, Prognose- und Bekämpfungsmöglichkeiten zu optimieren. Dies ist notwendig, da diese Krankheiten aufgrund der reduzierten Fungizidausbringung vor allem im ökologischen Anbau derzeit eine starke Ausbreitung erfahren und beträchtliche Ernteverluste verursachen.

Wenn sich die Erreger im Umfeld einer Anlage etabliert haben, ist selbst in trockenen Sommern wie z.B. im Jahr 2003 bei empfindlichen Sorten ein nicht tolerierbarer Befallsgrad von bis zu 20% festzustellen. In Jahren mit normalem Witterungsverlauf können die Befallsgrade in den stark betroffenen Regionen Bodensee und Altes Land auf bis zu 100% ansteigen. Die qualitätsmindernden Symptome auf der Fruchtschale lassen sich auch mit moderner Putztechnik nur bedingt entfernen. Daraus resultiert eine deutliche Beeinträchtigung der äußeren Fruchtqualität, die eine Vermarktung der befallenen Äpfel als Tafelobst nach geltenden Qualitätsnormen ausschließt. Speziell bei den im ökologischen Anbau bevorzugten schorfresistenten Sorten werden durch die Zunahme des RFK-Befalls intensive Sommerspritzfolgen notwendig, welche die Ökobilanz dieser Sorten trüben.

U.a. sind aufgrund der Regenfleckenproblematik die Wachstumsraten bei der Umstellung von sog. „konventionellen“ auf resistente Sorten ins Stocken geraten.

Ogleich Forschungsergebnisse und Prognosemodelle aus Nordamerika vorliegen, sind diese nur bedingt auf den deutschen Apfelanbau übertragbar, da entsprechende Kenntnisse zur Identität der hiesigen Erreger sowie ihrer infektiösrelevanten Physiologie bisher weitgehend fehlen. In mehrjähriger Versuchsarbeit des Antragstellers (KOB) sowie des Projektpartners KÖN hat sich ein auf amerikanischen Daten basierendes Prognosemodell unter den hiesigen klimatischen Bedingungen als nicht funktionsfähig erwiesen.

In enger Verknüpfung von Freilandversuchen und Laboranalytik wurden im Projekt Daten zu Überwinterungsmöglichkeiten, Sporenfreisetzung, Infektionszeiträumen, Identität der Erreger und Krankheitsentwicklung generiert, mit dem Ziel der Entwicklung eines Prognosemodells, mit dessen Hilfe eine gezielte und optimierte Bekämpfung ermöglicht wird. Die finale Zielsetzung dieses Projektes bestand darin, die bisher hohe Anzahl von routinemäßig applizierten Belagsspritzungen zur Bekämpfung der RFK/FSK durch eine Fokussierung auf Schlüsselereignisse im pilzlichen Infektionszyklus zu reduzieren.

Für die sehr komplexe Fragestellung dieses Forschungsvorhabens mussten Kompetenzen und Ressourcen gebündelt werden, um in einer Kombination zwischen kontrollierbaren Freilandversuchen und Labordiagnostik die Pathobiologie der RFK- und FSK-Erreger in Mitteleuropa fundiert zu untersuchen. Dieses Verständnis ist eine essentielle Basis für eine effektive Bekämpfung. Folgende fachlich abgrenzbare Themenbereiche (TB) wurden im Projekt bearbeitet:

TB1: Ermittlung der Überwinterungsquartiere sowie alternativer Wirtspflanzen. Diese Kenntnisse sind unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung von phytosanitären Maßnahmen zur Reduktion des Ausgangsinokulums.

TB2: Identifizierung der an den Standorten dominierenden RFK-/FSK-Erreger. Durch eine Artbestimmung wird Fachliteratur erschließbar; diese sowie ggf. eine Charakterisierung physiologischer Merkmale (Temperaturoptimum, Feuchtigkeitsbedarf) liefern Daten, die zu einer akkurateren Prognose des Krankheitsverlaufes herangezogen werden können.

TB3: Bonitur der Symptomausprägung im Freiland. Die Übertragbarkeit der unter kontrollierten Bedingungen ermittelten Daten auf die Situation im Bestand sollte überprüft werden.

TB4: Aufklärung der Infektionsdynamik im Freiland. Durch regelmäßiges Auslegen/Einsammeln von Lageräpfeln, temporäres Ausstellen von Topfbäumen in einer Befallsanlage sowie ein schrittweises Eintüten der sich im Freiland entwickelnden Früchte sollten zwei kritische Zeitfenster definiert werden: zunächst die Besiedlung der wachsenden Früchte durch Inokulum der RFK/FSK-Erreger, dann zu einem späteren Zeitpunkt der Ausbruch der ersten mit dem bloßen Auge sichtbaren Symptome.

TB5: Charakterisierung der Dynamik des Inokulumaufbaus in Abhängigkeit von Regendauer und Regenintensität. Durch künstliche Beregnung einer überdachten Versuchsanlage sollte der Einfluss von Regendauer und -intensität auf die Symptomentwicklung charakterisiert werden. Eine Eingrenzung der zum Symptomaufbau führenden Niederschlagsereignisse bzw. Blattnässeperioden kann Prognosemodelle präzisieren und zu einer Reduzierung der notwendigen Spritzbehandlungen führen.

TB6: Transfer der gewonnenen Ergebnisse in die praktische Anwendung. Das RFK-Prognosemodell *RIMpro sooty blotch* sollte anhand der im Projekt gewonnenen Daten optimiert und im 3. Versuchsjahr mit einem Spritzversuch getestet werden. Dadurch sollte das Fungizideinsparpotential ermittelt und der Spritzmitteleinsatz optimiert werden.

1.2 Bezug des Vorhabens zum Programm zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie von Maßnahmen zum Technologie- und Wissenstransfer im ökologischen Landbau

Derzeit verhindern Wissenslücken in der Infektionsbiologie des an der Regenfleckenkrankheit (RFK) und Fliegenschmutzkrankheit (FSK) beteiligten pilzlichen Schaderregerkomplexes eine Optimierung der Bekämpfung. Grundlagenforschung (Charakterisierung des Erregerkomplexes) kombiniert mit anwendungsorientierter Forschung (Überwinterung, Sporenfreisetzung, Infektionszeitraum, Krankheitsentwicklung der Erreger im Freiland) ermöglicht die Entwicklung eines Konzepts für die nachhaltige Bekämpfung der RFK/FSK-Erreger.

Auf Grundlage der im Projektzeitraum generierten Daten soll die Entwicklung eines praxistauglichen Prognosemodells ermöglicht werden, welches die Beratungsdienste wie auch die Obstbaubetriebe dabei unterstützt, durch eine optimierte Terminierung der Behandlungen den stofflichen Eintrag in die Umwelt erheblich zu reduzieren und zudem eine größere Sicherheit in der Qualität der obstbaulichen Produktion zu gewährleisten. Die von den Betriebsleitern benötigte Planungs- und Produktionssicherheit wäre hierdurch verbessert. Darüber hinaus könnte die ökologisch nach wie vor sinnvolle Umstellung von sogenannten „konventionellen“ auf schorfresistente Sorten im Ökologischen Anbau neuen Aufwind erhalten.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Die Untersuchungen wurden an drei Standorten durchgeführt, die Fragestellungen waren dabei unterschiedlich:

Standort A: KOB Bavendorf (Bodensee) – Freilanduntersuchungen, Infektionsdynamik

Standort B: OVB Jork (Altes Land) – Laboranalytik, Charakterisierung der Erreger

Standort C: FH Weihenstephan Schlachters (Bodensee) – Folientunnel, Infektionsdynamik

Mit laborwissenschaftlicher und praktischer Methodik erfolgte eine gebündelte Annäherung an die Biologie der RFK- und FSK-verursachenden Pilze. Die Komplexität der Fragestellungen bedingte eine Vielzahl einzelner Untersuchungsmethoden, die einander gegenseitig überprüften und ergänzten. Aufgrund mangelnden Vorwissens durch die sehr eingeschränkte bisherige Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Regenflecken im europäischen Obstbau war es notwendig, neue Methoden zu entwickeln und diese auf ihre Funktionalität zu prüfen. Im Projektzeitraum wurden daher vielfältige Untersuchungen, sowohl auf Exakt- als auch auf Tastversuchsebene, durchgeführt. Viele Teilversuche verfolgten ähnliche Fragestellungen, überprüften sich aufgrund unterschiedlicher Methodik bei gleicher Zielsetzung gegenseitig in ihrer Aussage und ermöglichten durch die generierten Teilergebnisse letztlich eine Gesamtaussage.

Die chronologische Darstellung der geplanten Arbeiten zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Chronologische Darstellung der abgeschlossenen (grau) und aktuell noch bearbeiteten (rot) Aufgaben sowie der Arbeitsteilung zwischen den Projektpartnern 07/2007-06/2010.

Aufgabe/Jahr	2007						2008												2009												2010								
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
KOB Bavendorf																																							
Einrichtung einer Versuchsanlage am Standort KOB, Aufbau und Inbetriebnahme der Überdachungs- und Beregnungssysteme																																							
Simulation von unterschiedlichen Regenereignissen im Hauptinkubationszeitraum Juni bis Aug.																																							
Ausbringung von Köderäpfeln und Eintüten von Früchten nach definierten Zeitintervallen im Hauptinfektionszeitraum Mai bis August																																							
Bonitur des Inokulumaufbaus im Zeitraum Juni bis zur Ernte und im Lager																																							
Inkubationsversuche zur Ermittlung der Überwinterungsquartiere der Erreger																																							
Überprüfung der Funktionalität eines adaptierten Prognosemodells anhand eines Applikationsversuches im Freiland																																							
Projektkoordination, Abrechnung, Erstellung des Verwendungsnachweises, Berichtswesen, Auswertung, Abschlussbericht																																							

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Aufgabe/Jahr	2007						2008						2009						2010								
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OVB Jork																											
Einrichtung der Analytik für RFK- und FSK-Erreger	■																										
Mikroskopie, Isolierung, Kochsche Postulate der dominanten Erreger vom Standort Bavendorf durch Infektion von Lageräpfeln. Etablierung einer Stammsammlung.				■	■	■																					
Mikroskopische und physiologische Analyse der dominanten RFK- und FSK-Erreger von Material aus dem 2. VJ vom Standort Bavendorf																											
Untersuchungen zu Überwinterungsquartieren und Erregerspektrum am Standort Jork.																											
DNA-Analytik der dominanten Erreger aus den Standorten Bavendorf und Jork. Identifizierung der Erreger aus dem 3. VJ am Standort Bavendorf,																											
Evaluierung der Standorttreue der Erreger und Konstanz des Artenspektrums in den drei Versuchsjahren.																											
FH Weihenstephan Schlachters																											
Pflanzung und Anzucht der Containerbäume	■																										
Durchführung eines Versuches zur Ermittlung des Infektionszeitpunktes mittels Containerbäumen im Folientunnel und Bonituren zum Inokulumaufbau.																											

1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

In den Jahren vor Beginn des Projektes war besonders im ökologischen Apfelanbau eine starke Zunahme des Befalls durch die Ruß- oder Regenfleckenkrankheit (RFK) sowie die Fliegenschmutzkrankheit (FSK) beobachtet worden. Symptome der RFK und FSK entstehen, wenn die Fruchtoberfläche bei anhaltender Nässe durch dichte, dunkel pigmentierte Pilzkolonien besiedelt wird. Diese Pilze wachsen epiphytisch und ernähren sich dabei vermutlich von Exudaten, die aus dem Apfelinneeren durch die Kutikula nach außen gelangen (Belding *et al.*, 2000). Dabei handelt es sich aber wahrscheinlich nicht um spezifische Substanzen, da RFK-Erreger auch auf Früchten und vegetativen Organen einer Reihe anderer Wirtspflanzen nachgewiesen worden sind (Baker *et al.*, 1977; Nasuh & Kumo, 1987).

Ging man bis vor 10 Jahren noch von der Existenz jeweils eines Erregers für die RFK (*Gloeodes pomigena*) und die FSK (*Schizothyrium pomi*) aus, waren bis 2005 bereits ca. 30 Pilzarten charakterisiert worden, welche einzeln oder als Konsortium mit der RFK-Symptomatik assoziiert sind (Batzer *et al.*, 2005). Während der Laufzeit dieses Projekts hat sich die Zahl auf aktuell über 60 Arten erhöht (Batzer *et al.*, 2008; Díaz Arias *et al.*, 2010). Fast alle RFK- und FSK-Pilze werden den Loculoascomyceten (Dothideomycetes) zugerechnet und sind somit weitläufig mit dem Erreger des Apfelschorfes (*Venturia inaequalis*) verwandt (für einen taxonomischen Überblick dieser Pilzgruppe, siehe Schoch *et al.*, 2006; Webster & Weber, 2007). Der Fokus dieser intensiven taxonomischen Vorarbeiten auf nordamerikanische RFK-Erreger reflektierte nicht unbedingt die regionale Bedeutung dieser Schadpilze, sondern die Verteilung der sie erforschenden Arbeitsgruppen. Innerhalb Europas lag lediglich aus Polen eine relativ allgemeine taxonomische Arbeit vor (Wrona & Grabowski, 2004). Vor dem Hintergrund der dringend nötigen Aufklärung der taxonomischen Identität der RFK-Erreger in Deutschland wurden die dafür nötigen Arbeiten in das Projekt eingebunden.

Für die wärmeren Obstbauregionen Nordamerikas wurde gezeigt, dass die Kolonisierung der Fruchtoberfläche bei optimaler Wachstumstemperatur im Mai–Juni nach einer kumulativen Blattnässeperiode von etwa 250 Stunden beginnt (Brown & Sutton, 1995). Bei der in Nordwesteuropa vorherrschenden suboptimalen Temperatur wurde zur Erklärung des späteren Befallsbeginns eine längere kumulative Blattnässe (> 600 h) angenommen (Trapman, 2006). Erhebliche ortsspezifische Unterschiede wurden auf Mikroklima, angrenzende Vegetation als Infektionsreservoir, Sortenanfälligkeit und vorhandene Biodiversität der Verursacherpilze zurückgeführt. Auf schorfresistenten Sorten sowie im biologischen Anbau stellten RFK und FSK aufgrund der reduzierten Fungizidausbringung ein besonderes Problem dar.

Prinzipiell können RFK und FSK im ökologischen Anbau durch Kupfer und Schwefelkalk kontrolliert werden. Um diese Fungizidausbringungen besonders im kritischen Vorerntezeitraum zu minimieren, ist ein akkurates Vorhersageprogramm nötig. Erste Entwicklungen in Gestalt des niederländischen RIMpro-Prognosemodells „Sooty Blotch“, welches auf epidemiologischen Daten aus den USA basiert, lagen zu Projektbeginn bereits zur Anwendung vor. Dieses Modell hatte sich in der praktischen Anwendung in mehreren europäischen Ländern bis dahin jedoch als nicht funktionsfähig erwiesen, da die zugrundeliegenden Daten nur sehr bedingt auf die Situation in Nordwesteuropa übertragbar waren. Es fehlte ein tiefgreifendes Verständnis der ortsspezifischen Besonderheiten, welche die zum Krankheitsausbruch erforderliche Inkubationszeit beeinflussen. Hierbei handelt es sich sowohl um mikroklimatische Daten als auch um die Kenntnis der RFK/FSK-Erregerarten und ihrer alternativen Wirtspflanzen in den beteiligten Anbaugebieten (Williamson & Sutton, 2000). Zu Projektbeginn waren diese dringend erforderlichen Untersuchungen in Deutschland noch nicht im nötigen Detail durchgeführt worden.

2 Darstellung der Ergebnisse der Projektpartner nach Fragestellungen

Die in diesem Gemeinschaftsprojekt durchgeführten Arbeiten fanden in engem Austausch, in interdisziplinärer Vorgehensweise und unter Verfolgung methodologisch unterschiedlicher Ansätze statt. Daher strukturiert sich der nachfolgende Ergebnisteil an den zu Projektbeginn formulierten Fragestellungen (Themenbereichen), wobei zu jedem Themenbereich die Arbeiten aller beteiligten Projektpartner aufgeführt sind. Die zur Anwendung gekommenen Methoden werden bei ihrer ersten Erwähnung im Detail beschrieben.

2.1 Ermittlung der Überwinterungsquartiere sowie alternativer Wirtspflanzen (TB 1)

2.1.1 Inkubationsversuche zur Ermittlung der Überwinterungsquartiere am Standort Bavendorf

Für eine mögliche Reduktion des Ausgangsinokulums im Frühjahr durch phytosanitäre Maßnahmen ist die Kenntnis der Überwinterungsquartiere der RFK- und FSK-verursachenden Pilze ausschlaggebend. Bislang ist nicht ausreichend geklärt, ob die Erreger in der Anlage überwintern oder ob sie den Winter über auf Alternativwirten ausdauern und erst im Frühjahr auf die Apfelbäume gelangen. Ziel dieses Projektteils war die Ausarbeitung einer Methode zur Infektion von Vorjahresäpfeln mit Regenfleckenerregern unter künstlichen Bedingungen im Brutschrank (2008) sowie unter natürlichen Bedingungen im Freiland (2009).

Material und Methoden

Verschiedene potentielle Überwinterungsquartiere der Regenfleckenerreger wurden zusammen mit Vorjahresäpfeln der Sorte „Topaz“ in eine aus Plastik bestehende Feuchtekkammer gelegt und gemäß Abbildung 2 befüllt. Ziel dabei war zu prüfen, welche Materialien Sporen freisetzen, Regenfleckensymptome auf den Früchten verursachen und somit Überwinterungsquartiere für die Erreger darstellten. Die Vorjahresäpfel wurden vorab in 52°C warmes Wasser getaucht, um gegebenenfalls bereits vorhandene Regenfleckenerreger auf der Fruchtschale abzutöten. Untersucht wurden zum einen diverse Materialien aus der Anlage selbst, wie Fruchtmumien, Fallobst, Falllaub, Apfelzweige, Pheromondispenser, Erde sowie Pflanzenteile, welche in der näheren Umgebung der Anlage wuchsen und laut Literatur als Wirtspflanzen für die Regenfleckenerreger dienen (Zweige aus der Hecke mit Brombeere, Schlehe, Holunder, Hagebutte, Weide und Eiche). Eine Übersicht der getesteten Substrate findet sich in Tabelle 2. Im Jahre 2008 wurden die Feuchtekkammern im Brutschrank bei 20°C inkubiert. Es wurden zwei Testreihen gestartet (14.2.-20.3. und 8.4.-17.5). Zu Beginn der Brutschrankphase wurden die Äpfel über mehrere Tage mittels Handsprüher mit Wasser eingesprüht, um die für eine Infektion notwendige Feuchtigkeit sicherzustellen.

Tabelle 2: Kühlbrutschrankversuch 2008: Untersuchte potentielle Überwinterungsquartiere

1. Durchgang (14.2.-20.3.)	2. Durchgang (8.4.-17.5.)
• Frucht mumien	• Frucht mumien
• Fallobst	• Weidenteile
• Falllaub	• Falllaub
• Zweige (Anlage)	• Zweige (Anlage)
• Zweige (Hecke)	• Zweige (Hecke)
• Pheromondispenser	• Eichenteile
• Erde (Baumstreifen)	• Erde (Baumstreifen)
• Kontrolle (ohne)	• Kontrolle (ohne)

**Abbildung 2:** Feuchtekammer am Beispiel „Zweige aus der Hecke“, KOB Bavendorf 2008

Im Jahr 2009 wurden die gleichen Materialien verwendet, allerdings fand die Inkubations- und Infektionsphase diesmal unter den natürlichen Bedingungen im Freiland statt. Hierfür wurden die wie oben erwähnt aufgebauten Plastikbehälter ohne Deckel (Abb. 3) über einen Zeitraum von vier Wochen (16.4.-14.5.) ins Freie gestellt, fernab von möglichen anderen Regenfleckeninfektionsquellen. Im Vergleich zu den künstlichen Brutschrankbedingungen sollte hiermit der Einfluss der natürlichen Witterung gewährleistet werden.



Abbildung 3: Potentielle Überwinterungsquartiere der RFK-Erreger

Ergebnisse

Nach einer Zeitspanne von circa 5 Wochen wurden die Äpfel auf Regenfleckensymptome bonitiert. Mit dem bloßen Auge und der Stereolupe waren in beiden Jahren keine typischen Regenfleckenbefallsstellen zu erkennen. Es war lediglich eine Kolonisierung durch Luftmycel bildende Schimmelpilze sowie gelegentlich durch Schwärzepilze zu erkennen, wie sie auf Fruchtmumien oder als Rußtau bei Befall durch Schmierläuse, Blattläuse oder Blattsauger vorkommen (Abb. 4). Zur Absicherung der Beobachtungen wurden in 2008 Apfelproben aus allen Varianten beider Testreihen im Labor in Jork auf Regenflecken untersucht. Die Ergebnisse sowohl mikroskopischer Untersuchungen der Fruchtoberfläche als auch der isolierten Pilze bestätigten das Fehlen von typischen Regenflecken-Erregern in allen Proben der ersten Testreihe. Es wurden lediglich ubiquitäre Schimmelpilze nachgewiesen (*Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Acremonium*, *Verticillium*, *Epicoccum*, weiße und rote Hefen). Eine ähnliche Pilzflora wurde in einer mikroskopischen Untersuchung der Oberfläche der Äpfel der zweiten Testreihe beobachtet.

In beiden Versuchsjahren kam im Versuchszeitraum keine sichtbare Symptomausbildung auf den Vorjahresäpfeln zustande. Ein Grund hierfür könnte in der sehr langen Inkubationszeit der Erreger zu finden sein. Im Freiland braucht es bis zum Erreichen der ersten Symptome eine Feuchtstundensumme von etwa 250. Im Versuch von 2009 waren die Äpfel 4 Wochen unter Freilandbedingungen ausgelegt. Addiert man die Feuchtstunden in diesem Zeitraum, kommt man auf lediglich 150 Stunden.



Abbildung 4: Kolonisierung einer Fruchtmumie durch einen Schwärzepilz. Ähnliche chlamyosporenbildende Pilze wurden auf den Früchten der Inkubationsversuche beobachtet. Diese Pilze unterscheiden sich von den echten RFK-Erregern nicht nur morphologisch, sondern auch dadurch, dass sie auf lebenden Früchten kein aktives Wachstum zeigen.

2.1.2 Untersuchungen zu Überwinterungsquartieren und Alternativwirten am Standort Jork

Auf der am Standort Jork über 3 Jahre hinweg beobachteten Versuchsfläche wurde schon im ersten Versuchsjahr (Herbst 2007) ein stärkeres Auftreten von RFK-Befall auf solchen Früchten registriert, deren Oberfläche in direktem Kontakt zu überwinternten Fruchtmumien stand (Abb. 5). Dieses Phänomen wurde weiter untersucht, indem zum einen im Herbst 2007 und 2008 eine Quantifizierung des Befalls an Früchten mit oder ohne Mumienkontakt vorgenommen wurde (siehe Abschnitt 2.3.2), zum anderen ermittelt wurde, ob auch unter Laborbedingungen eine Besiedlung RFK-freier Früchte von überwinternten Mumien ausgehen konnte.



Abbildung 5: Bildung von RFK auf einer 'Topaz'-Frucht in Kontakt mit einer überwinternten Fruchtmumie (Pfeil), während die benachbarten Früchte noch befallsfrei sind (5. Aug. 2008).

Methode

Zeitgleich mit dem in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Versuch zur Erfüllung der Kochschen Postulate und unter identischen Inkubationsbedingungen wurde eine Köderung der RFK-Erreger aus Fruchtmumien versucht. Zur Köderung wurden 'Golden Delicious'-Früchte (SmartFresh-behandelt und unter ULO-Bedingungen gelagert) am 18. Mai 2009 zunächst durch Tauchen in 70% Ethanol oberflächensterilisiert und anschließend mit jeweils 4 überwinternten Fruchtmumien versehen (siehe Abb. 6). Die Mumien waren von Bäumen gesammelt worden, welche im Vorjahr einen starken Befall durch die RFK gezeigt hatten. Die Inkubation erfolgte in Feuchtekammern im Brutschrank bei 22 °C. Jeder Apfel wurde täglich mit ca. 2 ml Wasser aus einem Zerstäuber befeuchtet, gefolgt von Inkubation im geschlossenen Container für 8-10 Stunden und langsamer Abtrocknung im offenen Container über Nacht.

Ergebnisse und Diskussion

Nach 30 Tagen hatte sich ein dünner aber bereits großflächiger RFK-Belag gebildet (Abb. 6). Eine Isolierung des RFK-Erregers wurde erfolgreich durchgeführt (siehe Abschnitt 2.2.1). Der Erreger war morphologisch identisch mit dem RFK-Pilz (*Peltaster fructicola*), der von der Oberfläche von Früchten mit RFK-Befall aus derselben Fläche im Herbst isoliert wurde. Direkt an der Kontaktstelle der Mumien mit der Fruchtoberfläche war zudem ein dichter schwarzer Belag zu sehen, der aus Sporen von *Diplodia seriata* bestand. Auch die sich von der Kelchgrube her ausbreitende braune Fruchtfäule wurde durch diesen Pilz verursacht. Die Überwinterung von *D. seriata* auf Fruchtmumien als Ausgangspunkt für die Schwarze Sommerfäule an wachsenden Früchten des Folgejahres wird im Alten Land seit 2007 beobachtet (Weber *et al.*, 2008; Quast & Weber, 2008; Weber & Quast, 2009). Mikroskopische Untersuchungen haben zudem Sporen von *Neofabraea alba*, *N. perennans*, *Nectria galligena*, *Fusarium* spp. und *Alternaria* auf Fruchtmumien nachgewiesen (R. Weber, unveröffentlicht). Somit können Fruchtmumien als Überwinterungsquartier mehrerer wichtiger obstbaulicher Schadpilze dienen. Im Falle der RFK-Erreger ist dieser wichtige Aspekt bisher in der Fachliteratur nicht beschrieben worden.

In diesem Zusammenhang sei eine weitere Beobachtung erwähnt, die im Freiland gemacht wurde. Die Besiedlung von Früchten durch *P. fructicola* konnte auch an den reifenden Früchten von Zieräpfeln, gepflanzt als Bestäuber-Bäume, nachgewiesen werden (Abb. 7). Betroffen war insbesondere die Sorte 'Golden Hornet', aber auch 'Prof. Sprenger'. Da auch diese Früchte überwinternde Mumien bilden, sind Bestäuber-Bäume als Ausgangspunkt neuer Infektionen denkbar.

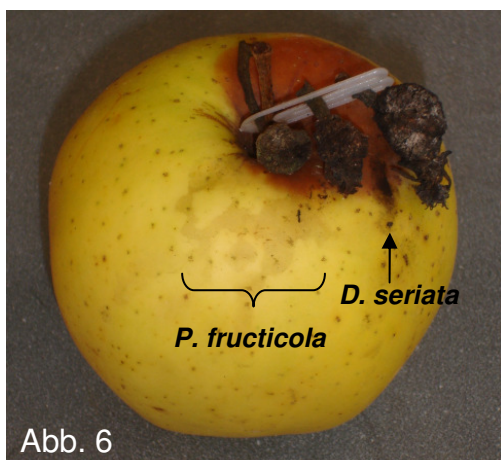


Abb. 6



Abb. 7

Abbildung 6: Köderung des RFK-Erregers *Peltaster fructicola* sowie von *Diplodia seriata* aus überwinternten Fruchtmumien nach 30-tägiger Inkubation (18. Juni 2009). **Abbildung 7:** Bildung von RFK-Belag durch *Peltaster fructicola* auf reifen Früchten der Bestäuber-Sorte 'Golden Hornet' (14. Okt. 2009).

2.2 Charakterisierung und Identifizierung der in den Regionen Bodensee und Niederelbe dominierenden RFK- und FSK-Erreger (TB 2)

2.2.1 Isolierung der Erreger und Etablierung einer Stammsammlung (OVB Jork)

Eine Charakterisierung potentiell neuer Schadpilze wird ermöglicht oder zumindest deutlich erleichtert, wenn Reinkulturen vorliegen. Die verwendeten Isolierungsmethoden sind für jede Pilzgruppe durch jedes Labor neu zu entwickeln bzw. zu adaptieren.

Material und Methoden

Nach ersten Versuchen im Herbst 2007 erwies sich die Entnahme von Mycelfragmenten mit Hilfe einer feinen Pinzette und ihre Ausplattierung auf Wasseragar, angesäuert mit ca. 0,025% Milchsäure (nach Johnson *et al.*, 1997; Batzer *et al.*, 2005), als ein sehr zeitaufwendiges, aber praktikables Verfahren mit reproduzierbaren Ergebnissen. Durch mehrfache Überimpfung auf Malzagar (MA) mit Penicillin G und Streptomycin-Sulphat (je 200 mg l⁻¹; Weber *et al.*, 2004) in einem Zeitraum von mehreren Monaten konnten Reinkulturen auf Kartoffel-Glukose-Agar (KGA) angelegt werden (z.B. Abb. 8). Wachsende Reinkulturen wurden im Brutschrank bei 20 °C inkubiert. Eine dauerhafte Lagerung erfolgte in Schrägröhrchen unter Paraffin bei 4 °C.

Ergebnisse

Trotz der besonderen Herausforderung durch das extrem langsame Wachstum der RFK-Pilze und der damit einhergehenden sehr hohen Gefährdung durch Überwuchern durch andere Arten, konnte im Projektzeitraum aus drei Ernteperioden unter Einbeziehung von Material beider Obstanbaugebiete (Bodensee und Niederelbe) eine insgesamt 109 Stämme umfassende Sammlung erstellt werden, davon die Mehrheit typische RFK-Erreger mit langsam wachsenden, melanisierten Kolonien. Auch schneller wachsende Pilze, die aufgrund ihrer unpigmentierten Kolonien zwar nicht als Erreger in Frage kamen, sich aber häufig aus RFK-Belägen isolieren ließen, wurden in die Stammsammlung übernommen. Diese Stammsammlung bildet die Basis für weitere Arbeiten zur Charakterisierung und Identifizierung der Erreger. Die Charakteristika des Wachstums von insgesamt 37 verschiedenen Kolonientypen auf angesäuertem Wasseragar wurden dokumentiert und zur Unterscheidung der Arten in weiteren Versuchen herangezogen.

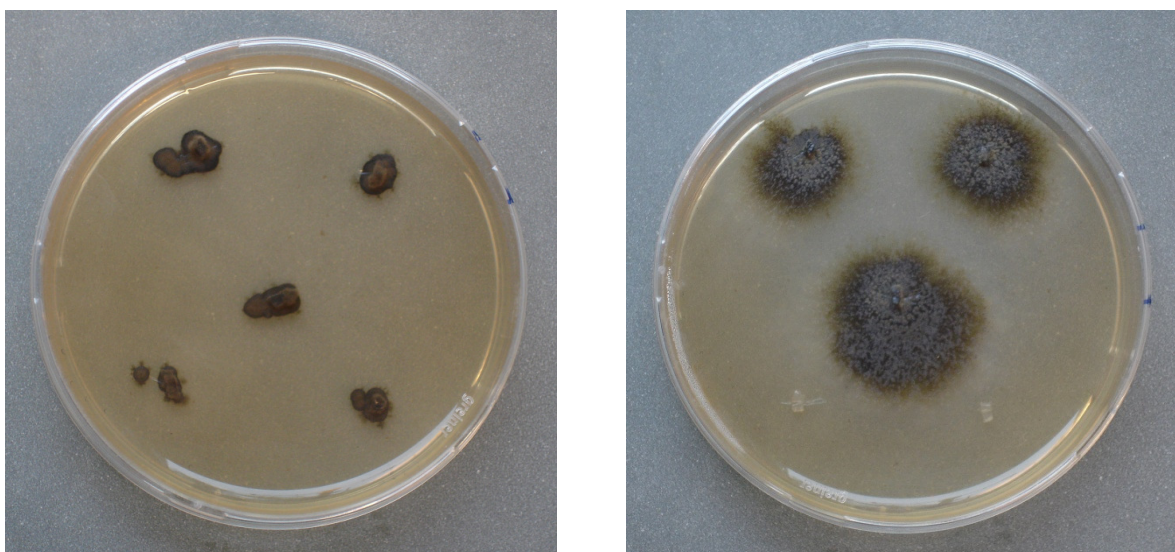


Abbildung 8: *Peltaster fructicola*, Erreger der Regenflecken-Krankheit (links) und *Schizothyrium pomi*, Erreger der Fleigenschmuth-Krankheit (rechts). Die Inkubationszeit betrug 8 Wochen bei 20 °C.

2.2.2 Durchführung der Kochschen Postulate (OVB Jork)

Wird ein mit einem Schadbild assoziierter Pilz isoliert, ist der Nachweis seiner Erregerschaft erforderlich. Dies ist insbesondere bei den sehr langsam wachsenden und daher im Zuge der Isolierung leicht von anderen Pilzen verdrängten RFK- und FSK-Erregern wichtig. Daher wurden die Kochschen Postulate für 8 repräsentative RFK-Erreger durchgeführt.

Material und Methoden

Von jedem Stamm wurde ca. 1 cm² gut bewachsener Agar-Kultur entnommen, durch Quetschen zwischen sterilen Glasscheiben zerkleinert und in 1-2 ml sterilem Aqua dest. suspendiert. Je 3 kleine Tropfen (ca. 50 µl) dieser Suspension wurden am 18. Mai 2009 auf jeweils 2 Äpfel aufgebracht ('Golden Delicious', SmartFresh-behandelt und unter ULO-Bedingungen gelagert), welche zuvor durch Eintauchen in 70% Ethanol oberflächensterilisiert worden waren. Um naturnahe Bedingungen zu simulieren, wurde jeder Apfel täglich mit ca. 2 ml Wasser aus einem Zerstäuber befeuchtet, gefolgt von Inkubation im geschlossenen Container für 8-10 Stunden und langsamer Abtrocknung über Nacht. Die Inkubation erfolgte im Brutschrank bei 22 °C.

Ergebnis

Nach 30-tägiger Inkubation wurde dieses Experiment am 18. Juni 2009 beendet, da die Früchte in Überreife eingetreten waren. Leichtes Wachstum (Abb. 9) von den Inokulum-Punkten auf die Fruchtoberfläche war zu diesem Zeitpunkt nur bei Isolaten 046 und 049 sichtbar (Typ 5 und 6). Eine Re-Isolierung auf angesäuertem Wasser-Agar war für alle 8 Isolate möglich. Damit konnten zumindest für die Kolonientypen 5 und 6 die Kochschen Postulate erfüllt werden, wenngleich ein deutlicheres Ergebnis wünschenswert gewesen wäre.

Aus diesen und mehreren vorherigen Versuchen geht hervor, dass die Bildung eines RFK-Belages unter kontrollierbaren Laborbedingungen auf bereits geernteten Äpfeln und somit der klare Nachweis durch die Kochschen Postulate schwierig bzw. nicht immer möglich ist. Da unter identischen Bedingungen eine deutliche Bildung der RFK von Frucht mumien-Inokulum ausgegangen war, liegt die Schlussfolgerung nahe, dass der Pilz auf den Mumien in einer infektiöseren Form – z.B. als bereits gebildete Sporen – vorgelegen hat.



Abbildung 9: Leichtes Wachstum des Isolats 046 von den Inokulum-Punkten auf die unmittelbar umgebende Fruchtoberfläche nach 5 Wochen bei 22 °C und täglicher Befeuchtung.

2.2.3 Charakterisierung der RFK-Erreger am Bodensee und an der Niederelbe (OVB Jork)

Aufbauend auf den in Abschnitt 2.2.1 beschriebenen Vorarbeiten konnten nun in den Jahren 2008 und 2009 erntereife Früchte aus beiden Anbauregionen auf das Spektrum der RFK-Erreger sowie einiger damit assoziierter Pilze untersucht werden.

Methode

Im Versuchsjahr 2008 wurden erntereife Früchte anfälliger Sorten von verschiedenen Anlagen und Betrieben der Regionen Bodensee und Altes Land/Niederelbe gesammelt und die darauf vorkommenden Erreger morphologisch und mikroskopisch untersucht und bestimmt. In 2009 wurden die gleichen Flächen erneut beprobt. Zusätzlich wurden Fruchtproben von weiteren Flächen beider Anbauregionen in das Monitoring einbezogen. Insgesamt wurden in den beiden Versuchsjahren 31 ökologisch bewirtschaftete Flächen beprobt, 15 davon in den beiden Jahren 2008 und 2009.

Ergebnisse und Diskussion

Sorgfältige Vergleiche der morphologischen und mikroskopischen Eigenschaften von RFK-Belägen und der daraus isolierten Reinkulturen erlaubten unter Bezug auf relevante Beschreibungen in der Fachliteratur (Williamson & Sutton, 2000; Batzer *et al.*, 2005) die sichere Identifizierung von *Peltaster* sp. (wahrscheinlich *P. fructicola*) als Haupterreger der RFK und *Schizothyrium pomi* als FSK-Erreger. *Peltaster fructicola* zeichnete sich durch einen flächigen Befall der Fruchtoberfläche mit dunkelgrünen Pycnothyrien auf blassgrünem unstrukturiertem Grundbelag aus (Abb. 10). Die Konidien dieses Pilzes waren glatt, hyalin, abgerundet-kurzzylindrisch und maßen 4,0-5,5 x 1,5-2,5 µm. In Kontrast dazu bildete *S. pomi* lose Gruppen von Thyriothecien ohne pigmentierte Mycelverbindungen (Abb. 11). Die charakteristische Bildung von Konidien aus vernarbten sporogenen Zellen konnte beobachtet werden (siehe Baker *et al.*, 1977).

Die Bestimmung weiterer Erreger der RFK mit Hilfe molekularbiologischer Techniken ist in Arbeit und hat sich aufgrund des extrem langsamen Wachstums der RFK-Pilze sowie des kompletten Neubaus des Mikrobiologie-Labors am OVB Jork (Fertigstellung August 2010) verzögert. Diese Arbeit wird jedoch noch im Jahr 2010 abgeschlossen sein. Als Beispiele für morphologisch unterscheidbare Kolonientypen mögen der noch nicht identifizierte Typ 2 (Ridged-honeycomb nach Batzer *et al.*, 2005) als dominierender Belag aus sehr kleinen sklerotienartigen Fruktifikationen mit verbindenden pigmentierten Mycelsträngen (Abb. 12) und der sporadisch vorkommende Typ 5/7 (vermutlich *Pseudocercospora* sp.) mit sklerotienartigen Fruchtkörpern ohne solche pigmentierten Mycelverbindungen (Abb. 13) dienen.

Im Rahmen der diagnostischen Arbeiten an den RFK-Erregern kam es im Oktober 2009 am OVB Jork zu einem Fachaustausch mit der auf taxonomische Fragen der RFK-Erreger spezialisierten nordamerikanischen Mykologin Jean Batzer (University of Iowa). Parallel zu den taxonomischen Arbeiten am OVB Jork erfolgt derzeit ein Vergleich einiger RFK-Erreger der Niederelbe-Region mit nordamerikanischen Isolat. Diese Kooperation kann Erkenntnisse über eine mögliche transkontinentale Ausbreitung der durch uns beobachteten RFK-Erreger liefern. Eine solche Art-Identität würde die Relevanz der umfangreichen nordamerikanischen Fachliteratur zum Thema RFK für unseren Obstbau deutlich erhöhen.

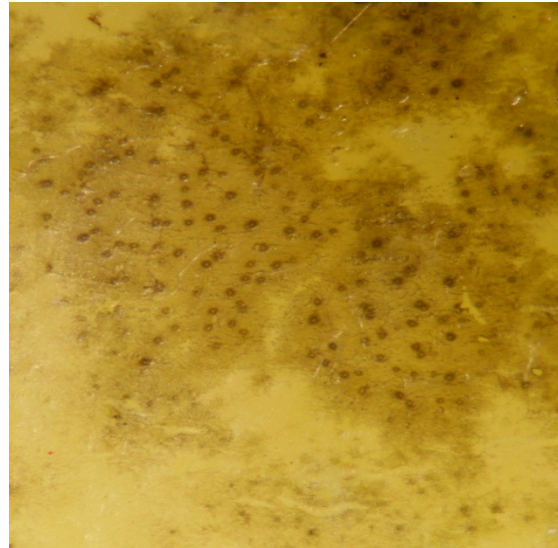


Abbildung 10: Morphologische Merkmale des RFK-Erregers *Peltaster fructicola* (Typ 1)

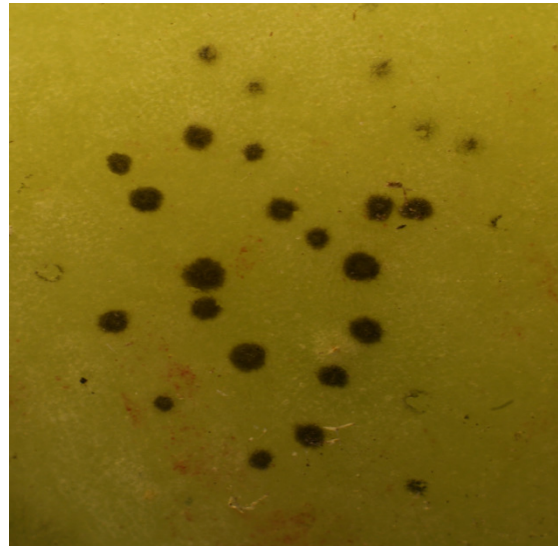
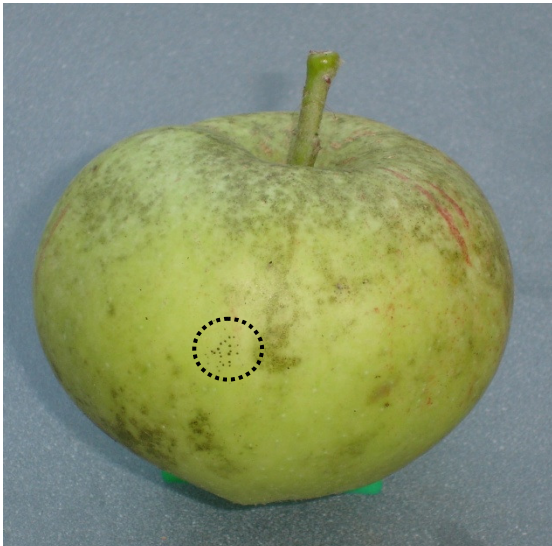


Abbildung 11: Morphologische Merkmale des FSK-Erregers *Schizothyrium pomi* (Typ 6)

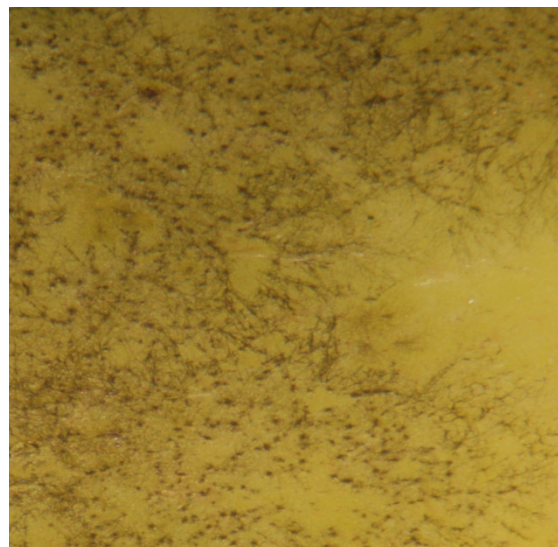


Abbildung 12: Morphologische Merkmale des noch nicht identifizierten RFK-Erregers Typ 2



Abbildung 13: Morphologische Merkmale von *Pseudocercospora* sp. (Typ 5/7)

2.2.4 Ausbreitung der RFK-Erreger am Bodensee und an der Niederelbe (OVB Jork)

Unter Nutzung der oben beschriebenen Methodik und der Erfahrungen des Jahres 2007 wurden in den beiden Folgejahren umfangreiche Vergleiche zwischen den Regionen durchgeführt. Eine Übersicht über das Vorkommen ausgewählter Kolonientypen am Bodensee bietet Tab. 3. Repräsentative Isolate dieser Typen sind in die RFK-Stammsammlung eingebracht worden. Es wird ersichtlich, dass Typ 1 (*P. fructicola*) am Bodensee sowohl im Jahr 2008 als auch 2009 der einzige ubiquitäre RFK-Erreger war. Alle anderen Erreger kamen nur gelegentlich vor, auch wenn sie in diesen Fällen die Oberfläche einzelner Früchte dominant besiedeln konnten. Eine weitere auffällige Beobachtung ist die scheinbar regelmäßige Vergesellschaftung von Nicht-RFK-Erregern mit den RFK-Belägen. Sieht man einmal von ubiquitären, opportunistischen Pilzen wie roten Hefen, *Alternaria* und *Cladosporium* ab, verbleibt als auffälligster Vertreter dieses Typus eine bislang noch nicht identifizierte Art, welche sich auf Agar-Medien durch rötlich gefärbte Kolonien auszeichnet. Auch diese Art befindet sich in der Stammsammlung und kann somit spätestens mit dem Einsatz der DNA-Analytik identifiziert werden.

Eine bemerkenswerte Übereinstimmung der Kolonientypen zwischen Material vom Bodensee und aus der Niederelbe-Region wird im Vergleich der Tabellen 3 und 4 deutlich. Auch an der Niederelbe zeigte sich *P. fructicola* als dominanter RFK-Erreger.

Diskussion

Die Identität des wichtigsten RFK-Erregers steht auch ohne molekularbiologische Bestätigung bereits fest. Es handelt sich um *Peltaster* sp., höchstwahrscheinlich um *P. fructicola*. Das Vorkommen der anderen RFK-Erreger sowie des FSk-Erregers *S. pomi* muss als wirtschaftlich unbedeutend bewertet werden. Obgleich die molekularbiologische Identifizierung dieser Erreger aus wissenschaftlicher Sicht interessante neue Details oder sogar neue Arten liefern kann, bleibt schon jetzt die Schlussfolgerung, dass mit *P. fructicola* in beiden Obstanbaugebieten ein und derselbe Haupterreger gefunden wurde. Die Reduktion auf möglicherweise einen einzigen für die praktische obstbauliche Arbeit relevanten Erreger kann eine erhebliche Erleichterung im Verständnis der Infektionsbiologie und der daraus resultierenden Entwicklung von Bekämpfungsmöglichkeiten bedeuten.

Tabelle 3: Vorkommen ausgewählter RFK- und FSK-Erreger und anderer Pilze auf befallenen Früchten aus Topazanlagen verschiedener ökologischer Obstbauflächen im Bodensee-Gebiet 2008 und 2009. Es wurde zwischen einer dominierenden (X) und sporadischen (x) Besiedlung der Fruchtoberfläche unterschieden. Grün hinterlegte Betriebe (1-5) wurden in beiden Jahren beprobt, rot hinterlegte nur in 2008 und grau hinterlegte (A-I) nur in 2009.

Betrieb	Sorte	Jahr	Typ 1 – <i>Peltaster fructicola</i> (Is.1)	Typ 2 – unbekannt (Is.6)	Typ 3 – unbekannt	Typ 5 u. 7 – unbekannt (Is.12)	Typ 6 – FSK <i>Schizoth. pomi</i> (Is.3)	röt. Mycel (Is.4)	Chlamydosporenbildner (Is.5)	<i>Alternaria</i> (Is.7)	<i>Cladosporium</i> (Is.8)
KOB (Bavendorf)	Topaz	2008	X					X			
		2009	X					X			
Betrieb 1	Topaz	2008	X					X		x	x
		2009	X					x			
Betrieb 2	Topaz	2008	x	X				x	x	x	x
		2009	X	x	x			x			
Betrieb 3	Topaz	2008	X	x				X		x	x
		2009	X	x	x			X			
Betrieb 4	Topaz	2008	X					X		x	
		2009	X	x	x			X			
Betrieb 5	Topaz	2008	X					X			
		2009	X					X		x	x
Betrieb 6	Topaz	2008	X					X		x	X
Betrieb 7	Topaz	2008	X					X	x		
Versuchsstation Schlachters	Topaz/Opal	2008	x	X				x			X
Betrieb A	Topaz	2009	X					X			x
Betrieb B	Topaz	2009			X			X			x
Betrieb C	Topaz	2009	X					X			
Betrieb D	Topaz	2009	X		X			X			
Betrieb E	Topaz	2009			X			X			
Betrieb F	Topaz	2009	X		X			X		x	
Betrieb G	Topaz	2009	X		X			X			
Betrieb H	Topaz	2009	X								
Betrieb I	Topaz	2009	X		x			X		x	x

Tabelle 4: Vorkommen ausgewählter RFK- und FSK-Erreger und anderer Pilze auf befallenen Früchten aus ökologisch bewirtschafteten Apfelanlagen verschiedener Sorten im Niederelbe-Gebiet 2008 und 2009.**Region Altes Land**

Betrieb	Sorte	Jahr	Typ 1 – <i>Peltaster fructicola</i> (ls.1)	Typ 2 – unbekannt (ls.6)	Typ 3 – unbekannt	Typ 5 u. 7 – unbekannt (ls.12)	Typ 6 – FSK <i>Schizoth. pomi</i> (ls.3)	röt. Mycel (ls.4)	Chlamydosporenbildner (ls.5)	<i>Alternaria</i> (ls.7)	<i>Gladosporium</i> (ls.8)
Betrieb 1	Ingrid M.	2008	X					X		x	X
	Elstar	2009	X								
Betrieb 2	Ingrid Marie	2008	X							X	X
		2009	X	x				X			
Betrieb 3	Elstar	2008	X			x		x			x
		2009	X	X				X		x	
Betrieb 4	Topaz	2008	X					X			x
	Elstar	2009	X					X			
Betrieb 5	Topaz	2008	X					X			
		2009	X					X			
Betrieb 6	Wildapfel	2008	X	x			x	X			x
		2009	X				x	X			
Betrieb 7	Elstar	2008	X				x	X		X	X
		2009	X				X	x			
Betrieb 8	Braeburn	2008	X					X			x
		2009	X					X			
OVB (Esteburg)	Dalinbel	2008	X					x		x	x
		2009	X					X		x	
OVB (Esteburg)	Topaz	2008	X					X		X	
Betrieb A	Gloster	2008	X				x	X			
Betrieb B	Ingrid M.	2009	X	x	x	x		X		x	
Betrieb C	Gloster	2009	X					x		x	

2.2.5 Änderungen im Artenspektrum der RFK- und RFK-assoziierten Pilze während der Lagerung (OVB Jork)

Gelegentlich kommen aus der obstbaulichen Praxis Erfahrungsberichte, nach denen RFK-Erreger während der mehrmonatigen Einlagerung der Früchte weiteres Wachstum zeigen und somit Schäden verursachen können, die während der Ernte und der Sortierung nicht oder zumindest nicht im vollen Umfang sichtbar sind (Gleason *et al.*, in Vorbereitung). Um diese Möglichkeit zu untersuchen, wurden RFK-befallene Äpfel direkt nach der Ernte und dann nach längerer Lagerung auf Artenspektrum der RFK-Erreger untersucht.

Methode

Am 29. Sept. 2009 wurden 20 stark mit RFK befallene Äpfel der Sorte 'Dalinbel' geerntet. Von jedem Apfel wurden aus dem RFK-Belag mit einer sterilen Uhrmacher-Pinzette 5 Streifen (jeweils 5 mm lang) abgeschabt und anschließend auf angesäuertem Wasseragar ausgestrichen. Die Inkubation erfolgte im Brutschrank bei 20 °C. Die Auswertung wurde nach 2-4 Wochen vorgenommen, wobei hier nicht nur RFK-Erreger, sondern alle morphologisch unterscheidbaren Pilzarten charakterisiert wurden. Eine Identifizierung erfolgte entweder anhand der bereits auf dem Wasseragar gebildeten Sporen und anderer diagnostisch relevanten Strukturen, oder anhand von Reinkulturen auf MA oder KGA. Die Äpfel wurden bei 2 °C unter Kühlhaus-Bedingungen gelagert. Die Isolierung von RFK-assoziierten Pilzen wurde am 14. Dezember 2009 und zum Ende der Lagerung am 10. Juni 2010 wiederholt, wobei darauf geachtet wurde, dass die Entnahme-Positionen der 5 Proben direkt an die vorherigen Entnahmestellen angrenzten. Zudem wurden repräsentative Früchte zu Beginn der Einlagerung und zum Ende des Experiments fotografiert, um eine etwaige Ausbreitung der RFK im Lager zu dokumentieren.

Ergebnisse und Diskussion

Es konnte selbst nach über 8-monatiger Lagerung unter Kühlhausbedingungen keine Ausbreitung der RFK-Läsionen beobachtet werden (Abb. 14). Zudem waren alle 20 Früchte gesund, d.h. nicht durch Fäulnis-Pilze befallen. Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung einiger repräsentativer RFK-assoziiierter Pilze sind in Abb. 15 zusammengefasst. Es wurden deutliche Unterschiede in der Populationsdynamik dieser Pilze deutlich. So war der Erreger der beobachteten Regenflecken, *Peltaster fructicola*, zur Ernte und nach 2 Monaten, aber nicht mehr nach 8 Monaten isolierbar. Auch ein oft mit RFK-Belägen assoziiertes, nicht-melanisiertes rötliches Mycel (möglicherweise *Phialophora* sp.) sowie die Gesamtheit der Hefen und Bakterien verhielten sich ähnlich wie *P. fructicola*. Eine zweite Gruppe von Pilzen, repräsentiert durch die ubiquitären Schwärzepilze *Cladosporium* und *Alternaria*, zeigte keine nennenswerten Veränderungen im Laufe der Lagerung. Hingegen zeigte eine dritte Pilzgruppe einen deutlichen Anstieg, beispielhaft durch *Penicillium expansum* dargestellt. Die Ausbreitung dieses Fruchtfäule-Erregers erfolgt durch sehr kleine, luftbürtige Sporen. Sie nimmt in unseren Erfahrungen während einer mehrmonatigen Lagerungszeit kontinuierlich zu (siehe auch Jones & Aldwinckle, 2010). Sind Wunden vorhanden, entsteht innerhalb weniger Tage eine Fruchtfäule. Das häufige Auftreten von *P. expansum*-Sporen in den RFK-Belägen bei gleichzeitigem Fehlen von Fruchtfäule ist bemerkenswert und unterstreicht die physiologische und morphologische Intaktheit der RFK-besiedelten Früchte.

Auch eine *Acremonium*-Art wurde zum Ende des Versuches deutlich häufiger isoliert als zu Beginn. Es handelte sich dabei möglicherweise um eine mycoparasitische Art. Weitere Untersuchungen müssen klären, ob der Niedergang der Vitalität von *P. fructicola* während der Lagerung durch die Aktivität mycoparasitischer Pilze begünstigt wird. Ferner wäre eine Klärung der Identität des rötlichen Mycels sowie der *Acremonium*-Art m.H. molekularbiologischer Untersuchungen wünschenswert.



Abbildung 14: Erscheinungsbild einer RFK-befallenen 'Topaz'-Frucht zum Zeitpunkt der Ernte am 29. Sept. 2009 (links) und nach über 8-monatiger Lagerung am 10. Juni 2010 (rechts).

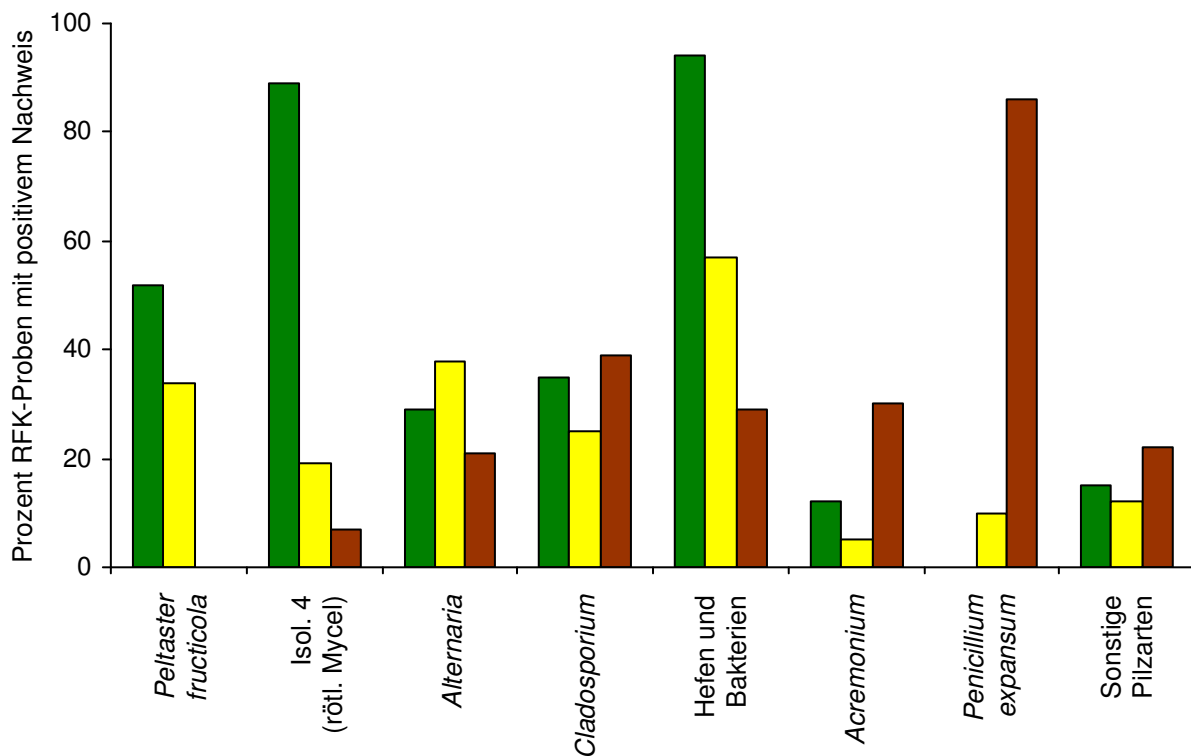


Abbildung 15: Isolierbarkeit RFK-assoziierter Pilze direkt nach der Ernte (grün) sowie nach 10-wöchiger (gelb) und 8-monatiger Lagerung (braun).

2.3 Bonitur der Symptomausprägung im Freiland (TB 3)

2.3.1 Bonitur des Inokulumaufbaus im Zeitraum Juni bis zur Ernte (KOB Bavendorf)

Das Auftreten der ersten Regenfleckensymptome sowie ihre Weiterentwicklung unter natürlichen Bedingungen festzuhalten, war Aufgabe dieses Themenbereiches. Im Nachhinein kann der Symptomaufbau mit den Wetterdaten in Beziehung gesetzt, sowie die Übertragbarkeit der unter kontrollierten Bedingungen ermittelten Daten auf die Situation im Freiland überprüft werden.

Material und Methoden

In den Jahren 2007-2009 wurden jährlich Untersuchungen zum Symptomaufbau der Regenflecken im Freiland in einer unbehandelten und daher stark befallenen Parzelle an der Sorte 'Topaz' durchgeführt. Ab dem ersten Auftreten der Regenfleckensymptome wurden zweimal wöchentlich bis zur Ernte 250 zuvor durchnummerierte Äpfel auf Regenfleckenbefall bonitiert. Es wurde das in Tabelle 5 beschriebene Boniturschema 0-5 verwendet. Zusätzlich wurden die Äpfel nach der Ernte eingelagert, so dass im Winter die Befallszunahme bonitiert werden konnte. Zur Auswertung wurde der Schädigungsgrad P (%) nach folgender Formel errechnet:

$$P = \frac{\sum (n \cdot v)}{(v-1)N} \cdot 100$$

P: Schädigungsgrad (%)



N: Gesamtanzahl Früchte





v: Zahlenwert der Kategorie: 0,1,2,3, 4, 5

n: Anzahl Früchte je Kategorie

Die Wetterdaten wurden mit der betriebseigenen Wetterstation der Firma Thies ermittelt. Zur Bestimmung der Blattnässe wurde ein Blattnassfühler verwendet, welcher die elektrische Leitfähigkeit einer Hanfschnur misst. Ein Wert von 0% bedeutet, dass keine Leitfähigkeit vorlag, d.h. dass das Blatt trocken war. Hingegen bedeutete ein Wert von 100% völlige Blattnässe. Zur Berechnung der Anzahl der Feuchtestunden wurden alle Stunden mit einem Wert von über 50% aufaddiert. Der Blattnassfühler war im Inneren des Baumes positioniert.

Tabelle 5: Befallsklassen für flächige Regenflecken-Bonituren am OVB Jork und KOB Bavendorf.

Kategorie	Beschreibung
0	 <p>befallsfrei</p>
1	 <p>einzelne kleine Regenflecken-Kolonien</p>

2		bis zu 10% der Oberfläche durch RFK besiedelt
3		10-25% besiedelt
4		25-50% besiedelt
5		> 50% besiedelt

Ergebnisse

Beispielhaft für alle drei Jahre ist der Symptomaufbau von 2008 als Grafik dargestellt (Abb. 16). Die ersten Symptome traten am 15. Juli 2008 auf. Anfang September waren alle Früchte befallen. Zur Ernte lag der Schädigungsgrad P bei 86,7%, das entspricht einem Anteil vermarktbarer Früchte (<10% der Fruchtoberfläche befallen) von unter 5%. Die Bonitur im Februar nach 4-monatiger Lagerung ergab keine Befallszunahme. Die letztgenannte Beobachtung korreliert mit den Ergebnissen der am OVB Jork durchgeführten Infektionsversuche (siehe Abschnitt 2.2.5).

Für das Erreichen der ersten Symptome waren mehrere Regenereignisse mit über mehrere Tage anhaltenden Blattnasszeiten notwendig (Abb. 17). Die weitere Symptomentwicklung verlief ebenfalls in Abhängigkeit zur Blattnassdauer. Ein verregneter Spätsommer und Herbst mit langen Morgentauzeiten begünstigte die Ausbreitung der Regenflecken.

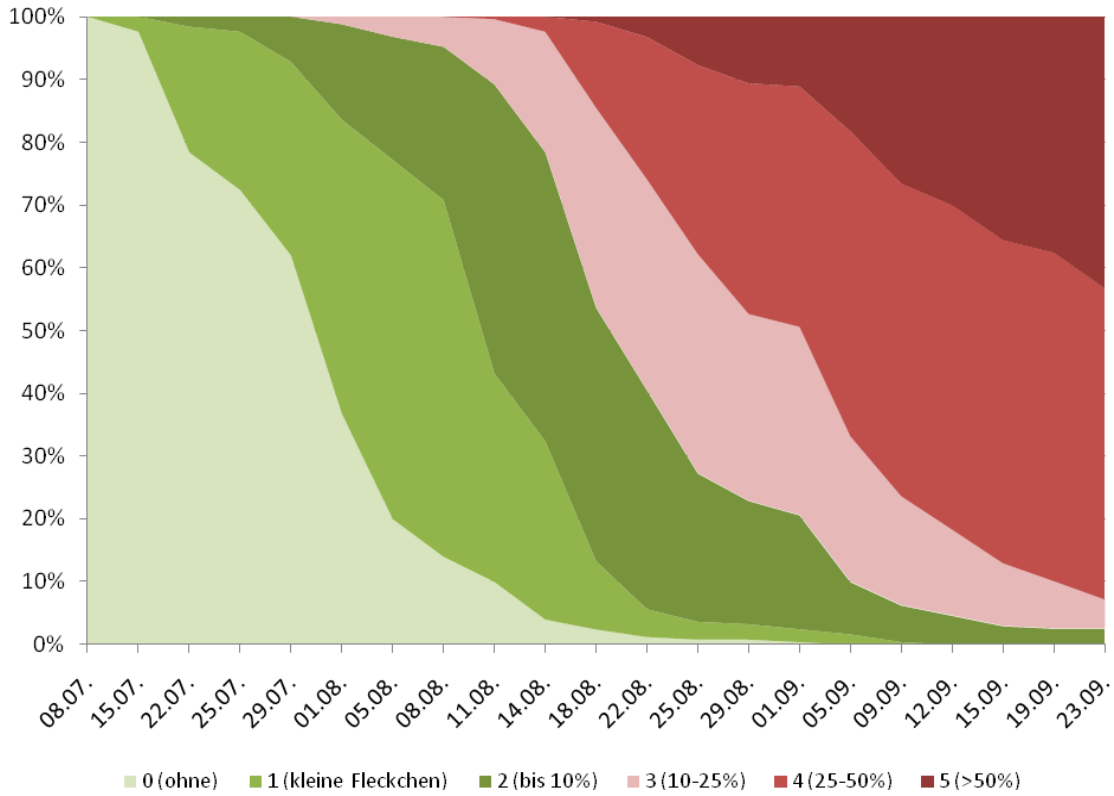


Abbildung 16: Symptomaufbau 2008 am KOB Bavendorf

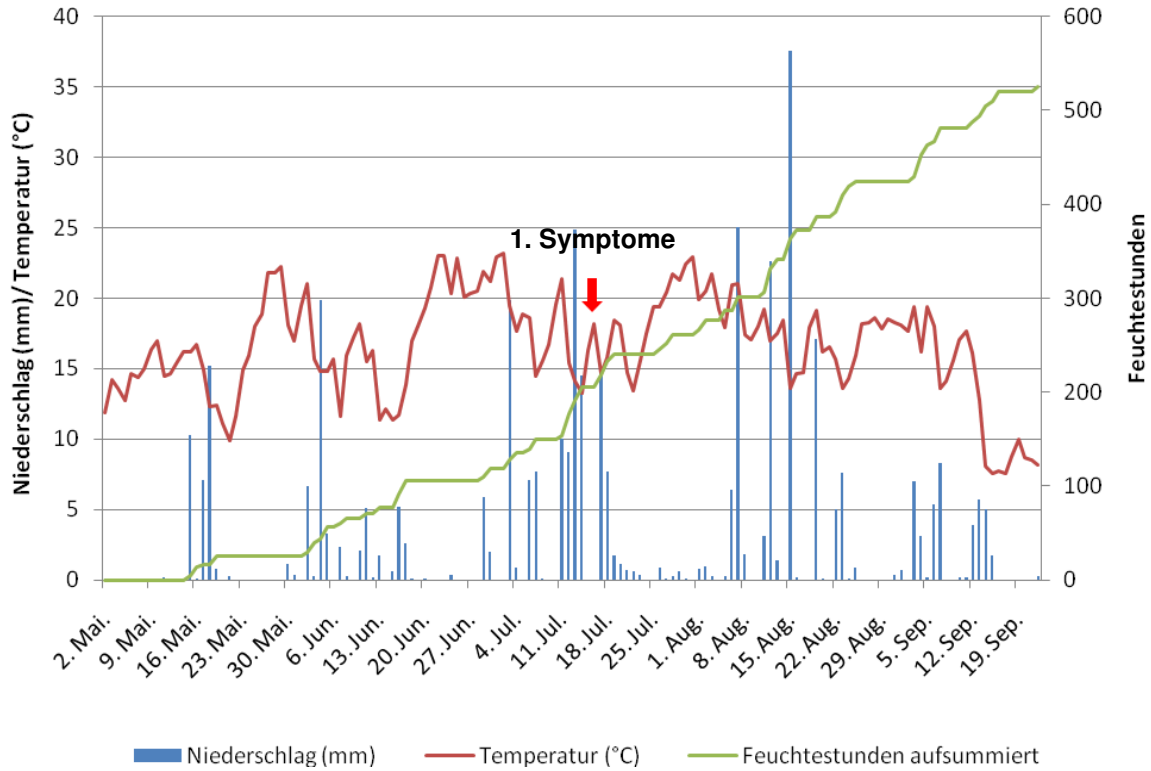


Abbildung 17: Wetterverlauf 2008, Vollblüte bis Ernte – KOB Bavendorf

Im Vergleich der drei Jahre traten die ersten Symptome zwischen dem 20. Juni (2007) und dem 15. Juli (2008) auf (Tab. 6). Dies entspricht einer Anzahl Tage zwischen Vollblüte und den ersten Symptomen zwischen 63 und 74. Werden die Feuchtestunden nach Brown & Sutton (1995) aufsummiert, entspricht diese einer Feuchtstundenzahl zwischen 205 und 241 Stunden. Nach Untersuchungen von Brown & Sutton (1995) treten unter amerikanischen Bedingungen die ersten Symptome bei durchschnittlich 250 Feuchtestunden auf. Diese Zahl deckt sich annähernd mit den Erfahrungen aus Bavendorf. Die Niederschlagsmenge scheint gegenüber den Blattnasszeiten für die Weiterentwicklung der Regenflecken von untergeordneter Bedeutung zu sein. Je früher im Jahr die ersten Symptome auftreten, umso stärker kann sich der Schädigungsgrad bis zur Ernte ausprägen.

Tabelle 6: Regenfleckenaufkommen – Vergleich der Jahre 2007 bis 2009 am KOB Bavendorf.

	2007	2008	2009
Entwicklungsstadium Früchte			
Vollblüte	18.04.	02.05.	25.04.
"petal fall"	27.04.	08.05.	04.05.
T-Stadium	31.05.	14.06.	27.05.
Ernte	13.09.	22.09.	22.09.

Symptomaufbau			
1. Regenfleckensymptome im Feld	20.06.	15.07.	07.07.
alle Äpfel befallen	31.07.	05.09.	24.08.
Schädigungsgrad zur Ernte (%)	98,9	86,7	89,8

Infektionsparameter			
Anzahl Tage zw. Vollblüte bis 1. sichtbare Symptome	63	74	73
Summe Feuchtestunden Vollblüte bis 1. sichtbare Symptome	305	221	366
Feuchtestunden nach Sutton*	241	205	240
Summe Niederschläge Vollblüte bis 1. sichtbare Symptome	250	189	306

* ab 1. Regenereignis (>4h Dauer) ab 10 Tage nach Blütenblattfall (Williamson & Sutton, 2000)

2.3.2 Befallsdynamik der RFK an der Niederelbe: flächige Bonitur (OVB Jork)

Während sich die Untersuchungen am KOB Bavendorf vornehmlich mit der Dimension der Zeit befassten, wurden am OVB Jork komplementierende Arbeiten zur räumlichen Ausbreitung der RFK sowie zur Frage etwaiger Unterschiede zwischen verschiedenen Apfelsorten bezüglich der Besiedlung durch Regenflecken durchgeführt.

Methode

In der Vegetationsperiode 2007 wurden in einer Bonitur von drei Reihen 'Dalinbel' auf der ökologisch bewirtschafteten Fläche E2 der Esteburg (Teilfläche Clever/Prigge GbR) einige erste Beobachtungen zum flächigen Auftreten der RFK gemacht. Dabei wurden Anzeichen für Befallsgradienten in beiden Dimensionen der Fläche (d.h. abnehmender Befall mit zunehmender Reihenlänge und –nummer) beobachtet. In den Bonituren wurde neben dem Befallsgrad individueller Früchte auch die Nähe bzw. das Fehlen von Fruchtmumien an jeder Frucht notiert.

Die gleiche Fläche wurde auch in den Jahren 2008 und 2009 untersucht. Hierbei wurden die Untersuchungen größer angelegt: Zum einen wurden mögliche Sortenunterschiede bonitiert, indem neben drei Reihen 'Dalinbel' auch drei Reihen 'Topaz' untersucht wurden; zum zweiten wurde ein feineres Raster bonitiert (alle 10 Bäume bei 'Topaz', alle 20 Bäume bei 'Dalinbel'); und zum dritten wurde die Dimension der Zeit miterfasst (d.h. drei Vollbonituren innerhalb von 6 Wochen). Das Schema der Fläche ist in Abb. 18 gezeigt.

Wie im Jahr 2007 wurden pro Baum 100 Früchte bonitiert, wobei neben der Gesamtzahl befallener Früchte für jede Frucht der Befallsgrad nach dem in Tab. 5 dargestellten Schema erfasst wurde.

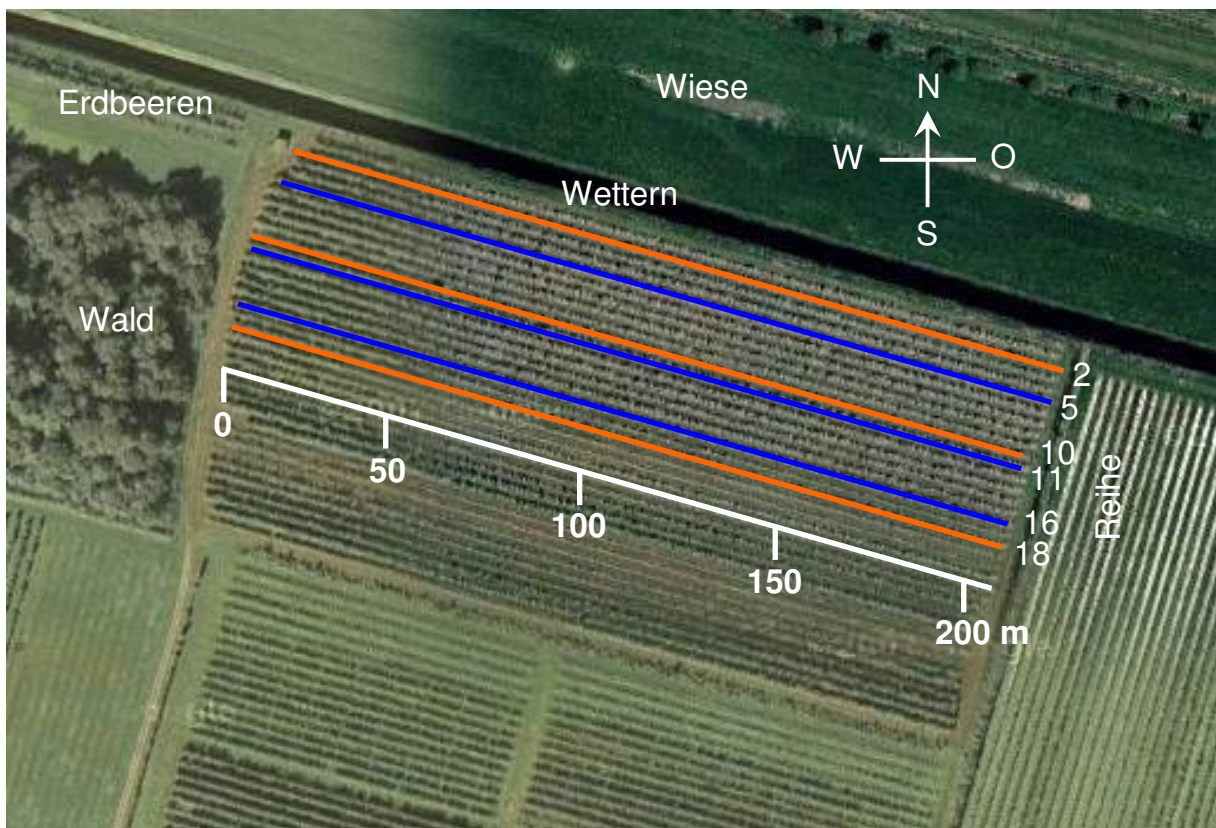


Abbildung 18: Details der flächig bonitierten 'Dalinbel'/'Topaz'-Anlage auf der Esteburg (E2)

Ergebnisse

Die Gesamtauswertung der beiden Parameter (A) Prozent befallener Früchte und (B) durchschnittlicher Befallsgrad nach Boniturschema ergaben ein hohes Maß an Übereinstimmung, dargestellt in Abb. 19 und 20. So zeigten beide Methoden an jedem der drei Boniturtermine beider Jahre einen deutlich höheren Regenflecken-Befall bei 'Dalinbel' als bei 'Topaz'. Auch ein Vergleich von zwei direkt benachbarten Reihen (Abb. 21) wies die Sortenunterschiede zwischen 'Dalinbel' und 'Topaz' auf. Ferner zeigte er einen ansteigenden Befall mit späterem Boniturtermin und einen absteigenden Befall mit zunehmender Reihenlänge (d.h. von West nach Ost). Dieser Effekt war bereits im Jahr 2007 beobachtet worden (siehe Abb. 23). Auch in der Breite der Fläche wurde von Nord nach Süd ein absteigender Befall festgestellt (Abb. 22). Diese Ergebnisse, dargestellt in den Abb. 21 und 22 für 2008, wurden bei einem insgesamt niedrigeren Befallsniveau (siehe Abb. 20 versus Abb. 19) auch im Jahre 2009 beobachtet (nicht gezeigt).

Unter Nutzung des in Tab. 5 dargestellten Boniturschemas konnte bereits im Jahr 2007 für 'Dalinbel' ermittelt werden, dass der Befall der RFK an solchen Früchten höher war, welche direkt an eine Fruchtmumie angrenzten (Abb. 23). Auch in den Folgejahren wurden ähnliche Beobachtungen gemacht.

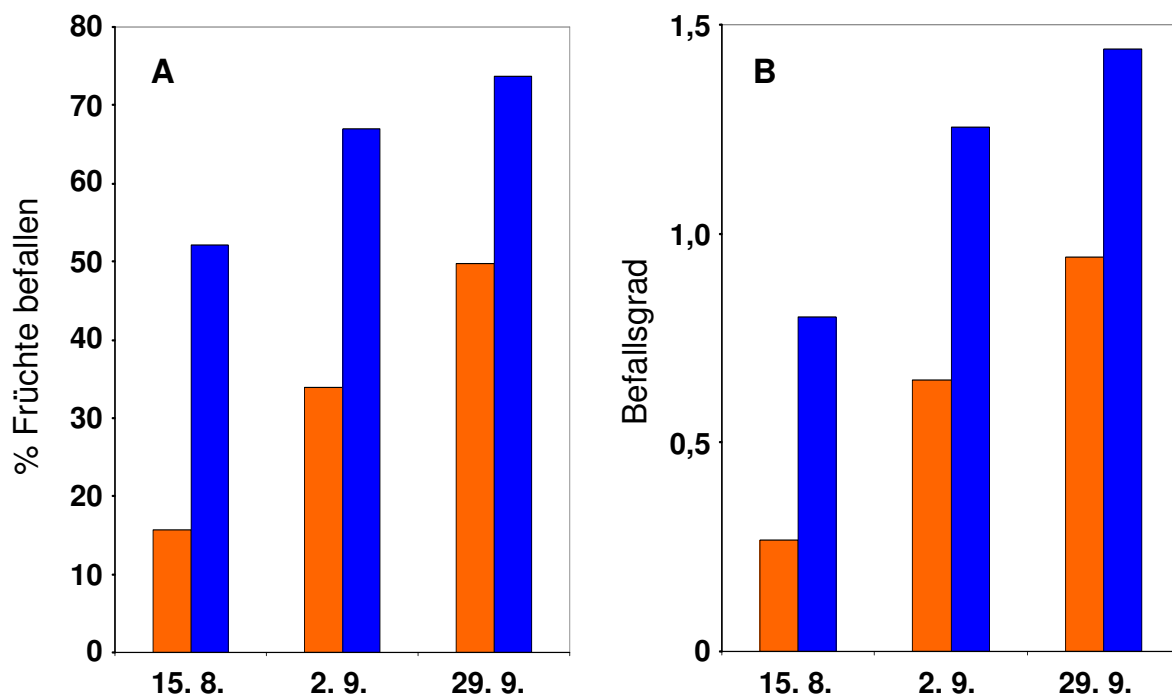


Abbildung 19: Vergleich der Auswertung nach Gesamtzahl befallener Früchte (A) und durchschnittlichem Befallsgrad (B) für die Sorten 'Topaz' und 'Dalinbel' an drei Terminen des Jahres 2008.

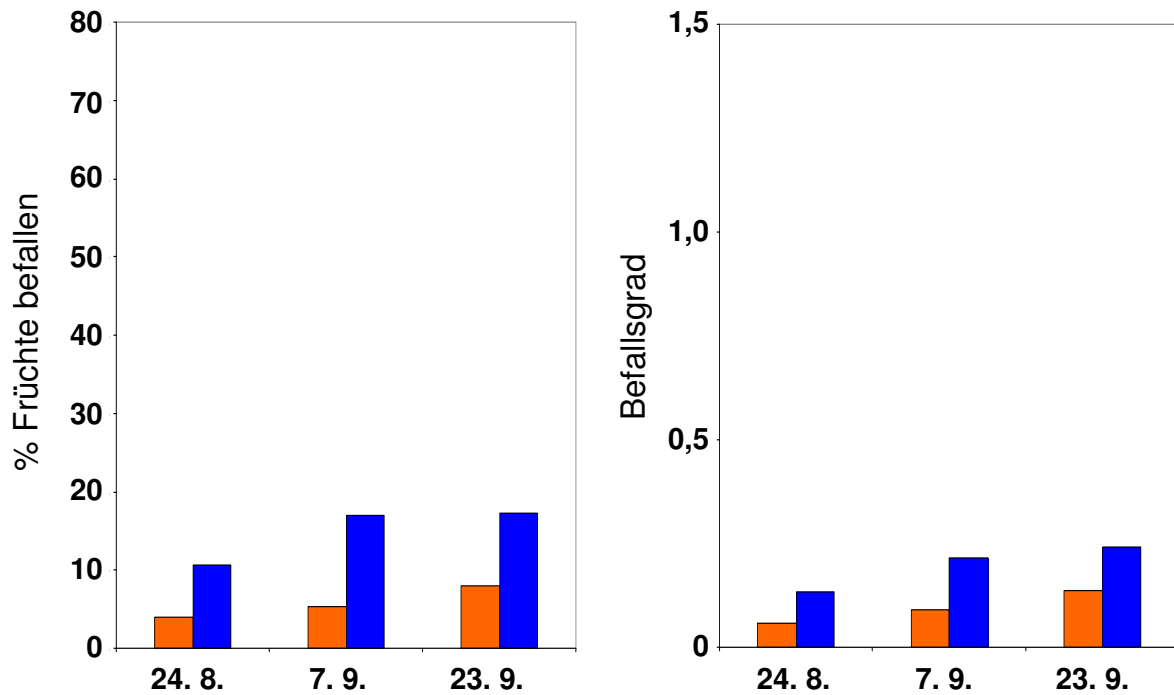


Abbildung 20: Vergleich der Auswertung nach Gesamtzahl befallener Früchte (A) und durchschnittlichem Befallsgrad (B) für die Sorten 'Topaz' und 'Dalinbel' an drei Terminen des Jahres 2009.

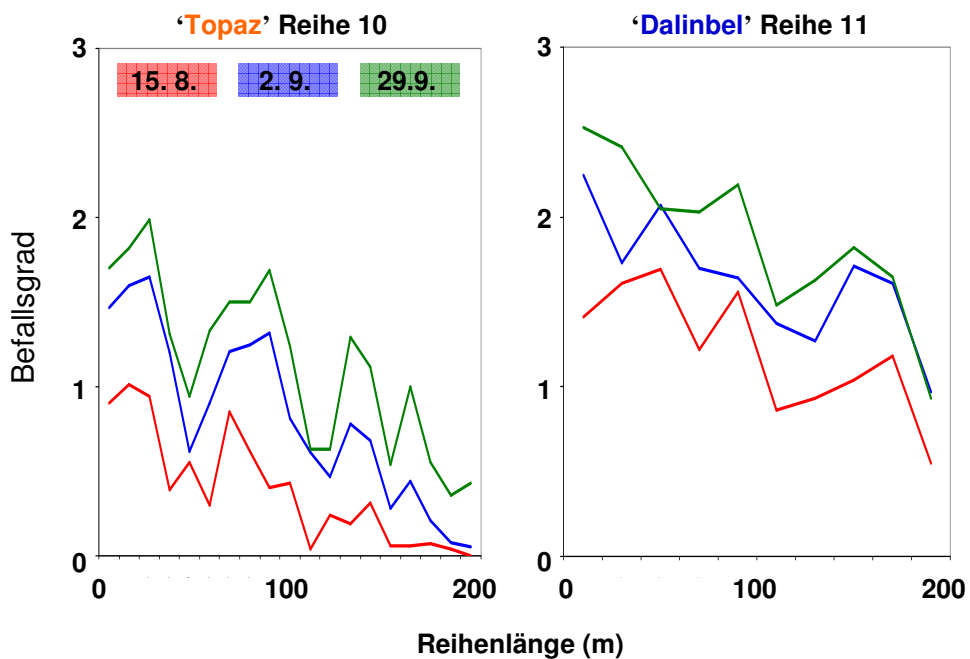


Abbildung 21: Vergleich des RFK-Befallsgrades in direkt benachbarten Reihen von 'Topaz' und 'Dalinbel' im Jahre 2008.

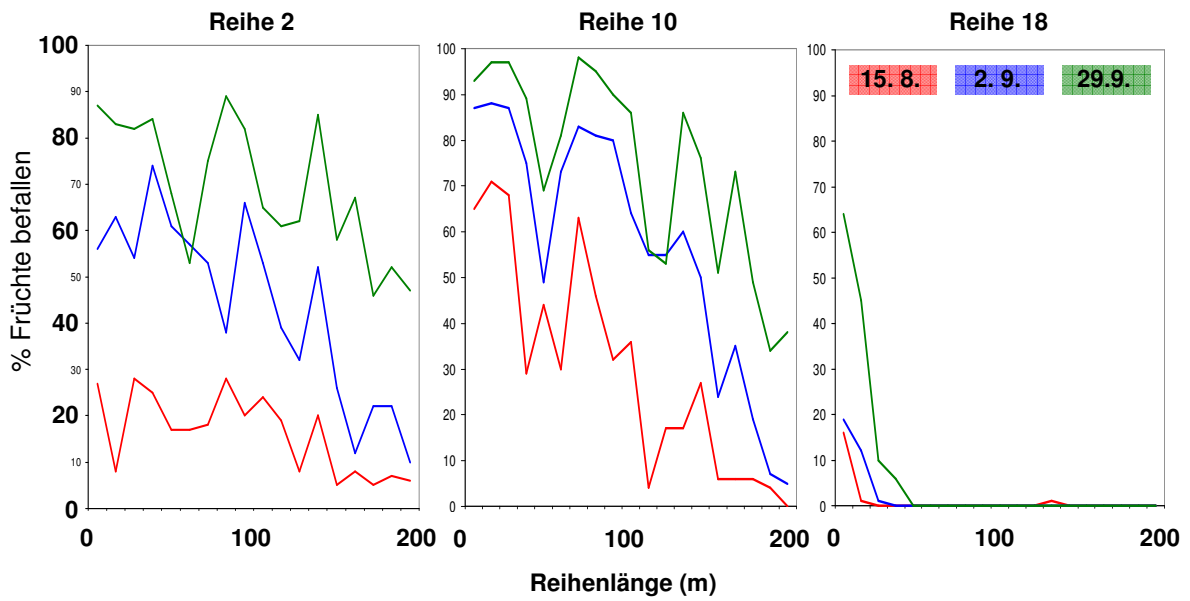


Abbildung 22: Vergleich des RFK-Befallsgrades in den drei beprobten 'Topaz'-Reihen im Jahre 2008.

Befallsverteilung Reihe 12

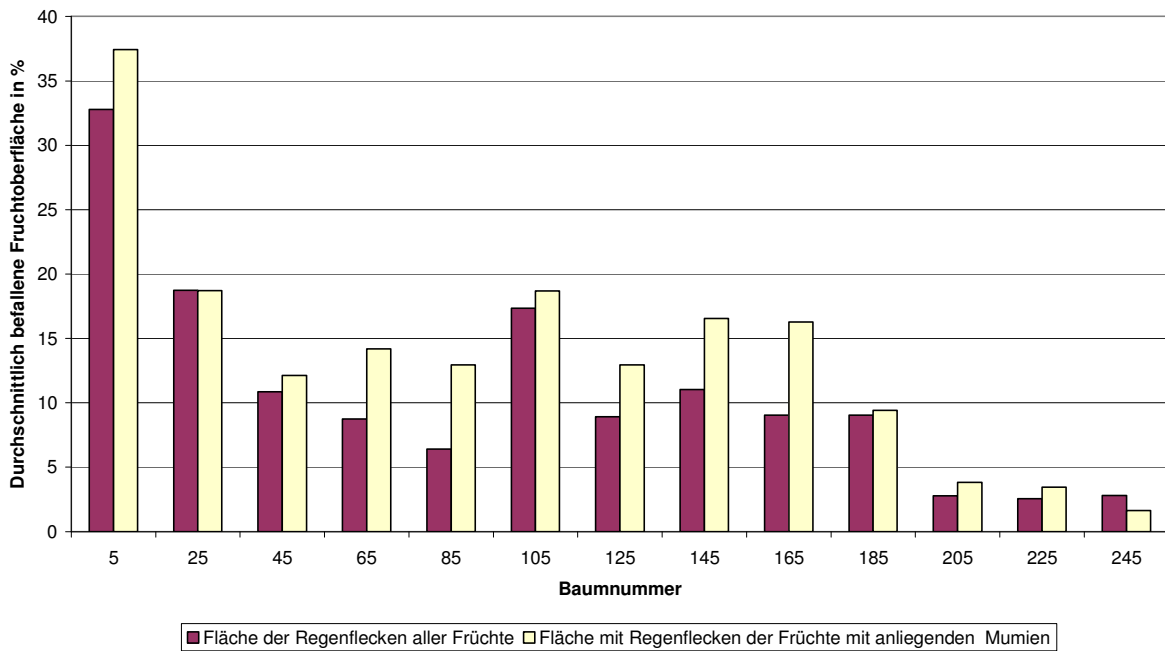


Abbildung 23: Vergleich des RFK-Befallsgrades an frei hängenden Früchten und solchen mit anliegenden Fruchtmumien in einer 'Dalinbel'-Reihe im Jahre 2007.

Diskussion

Die hier erhobenen Daten erlauben interessante und in der Regenflecken-Literatur bisher nicht gemachte Rückschlüsse. Die Gradienten von Nord bzw. West (hoher Befall) nach Süd bzw. Ost (niedriger Befall) zeigen keine klare Korrelation mit dem im Westen angrenzenden unbewirtschafteten Waldstück, sondern deuten auf eine Kontaminationsquelle an der Nordwest-Seite der Fläche hin. Recherchen ergaben, dass dort bis 2006 eine langjährig ungepflegte Apfel-Altanlage gestanden hatte. Die Pflanzung der beprobten 'Dalinbel'- und 'Topaz'-Fläche war 1996 erfolgt, so dass hier eine 10-jährige unmittelbare Nachbarschaft bestanden hatte. Die Altfläche ist als Quelle des Ausgangs-Inokulums daher durchaus plausibel, zumal sie genau in der Haupt-Wetterrichtung lag. Ist eine Fläche einmal verseucht, bedarf es keines weiteren Inokulum-Eintrags von außen, wie wir aus der erfolgreichen Infektion der Bavendorfer Versuchsfläche mit der Regenfleckenkrankheit durch einmaliges Aufhängen von Brombeerzweigen wissen.

Zwei weitere Beobachtungen mögen die gravierenden Unterschiede im RFK-Befall zwischen 'Dalinbel' und 'Topaz' erklären. Zum einen zeigten die 'Dalinbel'-Bäume auf der beprobten Fläche eine deutlich dichtere Baumarchitektur mit weit im Kroneninneren hängenden Früchten, während die Früchte bei den sehr lichten 'Topaz'-Bäumen in der Peripherie präsentiert wurden (Abb. 24). 'Topaz'-Früchte waren somit besser belüftet und konnten schneller abtrocknen. Zum zweiten besitzt 'Dalinbel' wie 'Elstar' und bestimmte andere Sorten die Eigenschaft, abortierte Fruchtmumien über ein Jahr lang am Baum zu halten; gerade an den Kontaktpunkten dieser Mumien mit der Oberfläche der wachsenden Frucht bildete sich oft der erste sichtbare RFK-Belag (siehe Abb. 5). Dass Fruchtmumien als Infektionsquelle dienen können, wurde auch im Labor nachgewiesen (siehe Abb. 6).



Abbildung 24: Architektur von 'Dalinbel' (li.) und 'Topaz' (re.) in der beprobten Fläche.

2.4 Aufklärung der Infektionsdynamik im Freiland (TB 4)

Zur Ermittlung der Infektionszeitpunkte in Abhängigkeit der klimatischen Bedingungen und des Entwicklungsstadiums der Früchte wurden im Projekt zwei methodisch unterschiedliche Parallelversuche durchgeführt. Mittels schrittweisem Ein- bzw. Austüten der Früchte zu unterschiedlichen Zeitpunkten konnten anhand des resultierenden Fruchtbefalls Rückschlüsse über die Zeitspanne der Fruchtinfection getroffen werden. Hierzu wurde während der gesamten Entwicklungsperiode eine bestimmte Anzahl an Früchten nach definierten Zeiteinheiten durch Eintüten temporär vor weiterem Sporeneinflug geschützt. Anhand einer Zuordnung der später auftretenden Symptome zu einem eindeutigen Infektionszeitpunkt wurden Aussagen darüber ermöglicht, ab welchem Entwicklungsstadium die Früchte infiziert werden können. Um diese Daten mit dem Zeitpunkt des Sporenfluges zu korrelieren, wurden in gleichen Zeitintervallen anfällige reife Äpfel aus dem Vorjahr als Köderäpfel in die Befallsanlage gebracht und anschließend im Brutschrank inkubiert. Diese Experimente sollten Aussagen zur Infizierbarkeit der Früchte in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums ermöglichen. Die gemessenen Wetterdaten ergänzen die Aussagekraft der Experimente um infektionsfördernde klimatische Bedingungen.

2.4.1 Ein- und Austüten von Früchten (KOB Bavendorf)

Methode

Das Eintüten erfolgte am Standort Bavendorf im Freiland an Bäumen der regenfleckenanfälligen Sorte 'Topaz'. In den drei Versuchsjahren wurden an insgesamt 7 Terminen beginnend ab T-Stadium in 1-wöchigem Abstand jeweils 30 Früchte eingetütet. In den Versuchsjahren 2008 und 2009 erfolgte neben dem Eintüten ein paralleles Austüten (Tab. 7/ Abb. 25). Zum ersten Eintüttermin wurden jeweils 8 x 30 Äpfel eingetütet (Varianten A-H). Die Früchte hatten dabei einen Durchmesser von etwa 25 mm. Die einzelnen Varianten wurden in einem 1-wöchigen Turnus ausgetütet. Parallel zum Austüten wurden wiederum 30 Äpfel bis zum Auftreten der ersten Symptome im Freiland eingetütet (Variante 1-8). Als Kontrolle dienten immer eingetütete Äpfel (Variante H) bzw. Äpfel, die während des gesamten Zeitraums uneingetütet blieben.

Die wasserabweisenden und luftdurchlässigen Tüten gewährleisteten ein uneingeschränktes Wachstum der Äpfel bei gleichzeitigem Schutz vor Sporeneinflug und Regen.

Tabelle 7: Ein- und Austüten von Früchten, 2007-2009

Jahr	Datum 1. Eintüten	Methode
2007	23.05.	Eintüten
2008	02.06.	Ein- und Austüten
2009	25.05.	Ein- und Austüten

Zur Ernte wurden die Früchte auf Regenfleckensymptome bonitiert. Dabei wurde das in Tabelle 5 beschriebene Boniturschema verwendet.

Zur Auswertung der Befallsstärke wurde der unter Punkt 2.3.1 beschriebene Schädigungsgrad P (%) errechnet.

Ergebnisse

Abbildung 25 zeigt schematisch den Versuchsaufbau des Jahres 2009 sowie das Regenfleckenauftreten in Form des Schädigungsgrads P. Der obere Bereich der Abbildung zeigt den Versuchsansatz „Austüten“ (A-H), der untere Bereich das gegenläufig durchgeführte „Eintüten“ (1-8) der Früchte. Der Schädigungsgrad P ist in der rechten Spalte als Prozentangabe dargestellt. Zusätzlich wurden die Feuchtestunden nach Sutton für jeden Termin errechnet.

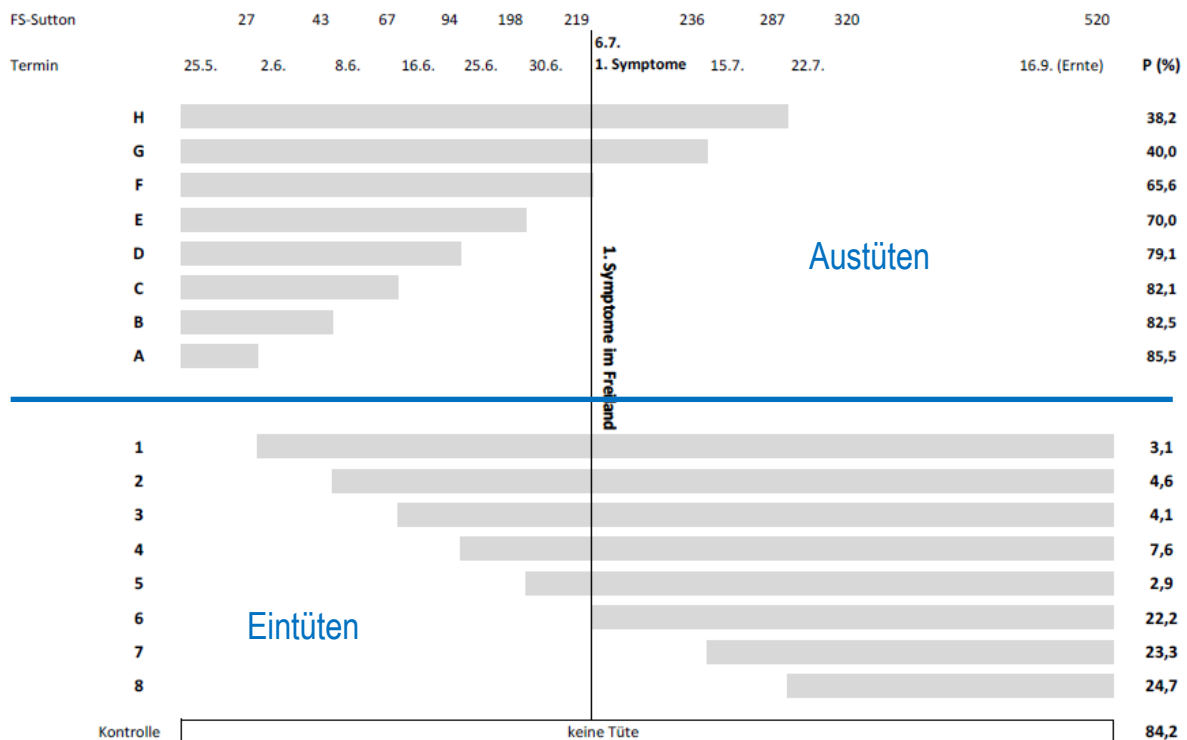


Abbildung 25: Ergebnis des Ein- und Austütversuches, 2009

In der Phase des „Austütens“ werden die Äpfel nur zum frühen Stadium im Juni/ Juli geschützt, Symptome im Freiland sind zu dieser Zeit noch wenig vorhanden. Bis zur Ernte sind sie ungeschützt der Witterung ausgesetzt. Das Eintüten schützt die Früchte auch im späten Bereich im August und September. Die in ihrer Relation unterschiedlichen starken Schädigungsgrade zwischen den Aus- und Eintütvarianten sind dadurch erklärbar. Ein Vergleich von früher und später Infektionsbiologie scheint möglich zu sein.

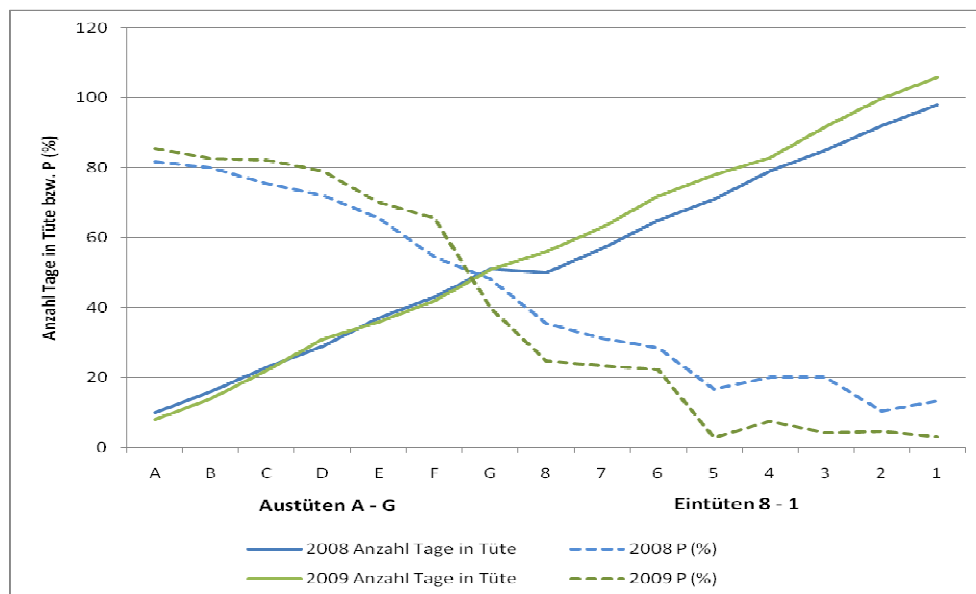
Tabelle 8 zeigt den Zusammenhang von Anzahl Tage in der Tüte und dem Schädigungsgrad der Früchte der Jahre 2008 und 2009. Beide Jahre ergeben in Bezug auf den Befallsaufbau an den geschützten Früchten ein einheitliches Bild: der Schädigungsgrad nimmt linear mit der Anzahl Tage, an denen die Äpfel durch die Tüte vor Regen und Sporenflug geschützt sind, ab. Ein Schutz von 10 Tagen im frühen Bereich ergibt einen Schädigungsgrad P von 81,7% (Variante A, 2008). Demgegenüber lässt sich der Schädigungsgrad nahezu halbieren (81,7% => 48,2%), wenn die Äpfel über 51 Tage im frühen Bereich geschützt werden (Variante G, 2008). Ein Schutz von 98 Tagen lässt P auf 13,3% sinken.

Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass Infektionen durch Regenflecken die ganze Saison über möglich sind und sich ein Hauptinfektionszeitraum nicht eingrenzen lässt. Die Stärke des Gesamtbefalls zur Ernte ist daher in erster Linie davon beeinflusst, wie lange die Äpfel der Witterung ausgesetzt sind.

Tabelle 8: Ein- und Austütversuch, Anzahl Tage in Tüte – Schädigungsgrad, Jahre 2008 und 2009

		2008		2009	
		Anzahl Tage in Tüte	P (%)	Anzahl Tage in Tüte	P (%)
Austüten	A	10	81,7	8	85,5
	B	16	80,0	14	82,5
	C	23	75,4	22	82,1
	D	29	72,0	31	79,1
	E	37	65,6	36	70,0
	F	43	54,5	42	65,6
	G	51	48,2	51	40,0
	H			58	38,2
Eintüten	8	50	35,4	56	24,7
	7	57	31,1	63	23,3
	6	65	28,6	72	22,2
	5	71	16,6	78	2,9
	4	79	20,0	83	7,6
	3	85	20,0	92	4,1
	2	92	10,4	100	4,6
	1	98	13,3	106	3,1

Vergleicht man den Schädigungsgrad von Äpfeln mit der gleichen Anzahl geschützter Tage im frühen und späten Bereich miteinander, so scheint es, dass späte Infektionen mehr zum Befallsaufbau beitragen als frühe Infektionen (Variante G/8, 2008). Dies ist möglicherweise durch die im späteren Zeitraum im Bestand vorhandenen Konidien erklärbar. Da das Konidienpotential zur Ernte hin kontinuierlich zunimmt, steigt auch das Infektionspotential stetig an. Die Zunahme der Erregerdichte bedingt einen stärkeren Befallsgrad. Die aus Tabelle 8 und Abbildung 25 ersichtliche, sprunghafte Zunahme im Schädigungsgrad zwischen den Eintüt-Varianten 5 (2,9%) und 6 (22,2%) sowie den Austüt-Varianten G (40%) und F (65,6%) erfolgte jeweils um den Zeitraum des Auftretens der ersten sichtbaren Symptome im Freiland. Dies ist wiederum ein Hinweis darauf, dass mit dem Auftreten der Konidien im Bestand eine raschere Ausbreitung erfolgt.

**Abbildung 26:** Ein- und Austütversuch, Anzahl Tage in Tüte – Schädigungsgrad, Jahre 2008 und 2009

Die Abbildungen 27 und 28 veranschaulichen die Ergebnisse aus Tabelle 8. Abbildung 27 zeigt die Variante A. Der rechte Apfel mit dem blauen Band war vom 25.5.-2.6.09 eingetütet, er zeigt im Befall keinen Unterschied zur nichteingetüteten Kontrolle. In Abbildung 28 ist ein deutlicher Unterschied zwischen der Kontrolle (Apfel rechts) und dem Apfel aus Variante H (58 Tage eingetütet) erkennbar.



2.4.2 Ausbringen von Köderäpfeln (KOB Bavendorf)

Methode

Zusätzlich zur Aus- und Eintütmethode sollte das Zeitfenster der Sporenfreisetzung im Bestand durch das Ausbringen von Köderäpfeln ermittelt werden. Hierfür wurden in 2007 pro Termin 30 Vorjahresäpfel der Sorte 'Golden Delicious' mit 70%-igem Alkohol desinfiziert und anschließend an Bäume im Freiland gehängt. Durch die Desinfektion mit Alkohol sollte die Sporenfreiheit der Früchte gewährleistet werden. Die Ausbringung erfolgte parallel zum Eintüten. Nach jeweils einer Woche Verweildauer in der Befallsanlage wurden die Äpfel wieder eingesammelt und im Brutschrank bei 20°C für 21 Tage inkubiert. Während der ersten Tage im Brutschrank wurden die Äpfel mit einem Handsprüher feucht gehalten. Nach 3 Wochen Verweildauer wurden die Äpfel auf Regenfleckensymptome bonitiert.

Ergebnisse

Alle Äpfel aus den 7 Terminen wiesen nach Inkubation im Brutschrank keine Symptome auf. Zum selben Termin eingetütete Äpfel zeigten bei der Ernte Befallssymptome, ein Sporenflug muss demnach stattgefunden haben. Eine mögliche Ursache für die unterbliebene Symptomentwicklung könnten die, für die Biologie der Regenfleckenpilze unzureichend eingestellte Parameter im Brutschrank (Temperatur, Luftfeuchte) sein. Eventuell sind Vorjahresäpfel aufgrund des eingeschränkten „Leachings“ nicht geeignet.

2.4.3 Weitere Tastversuche zur Überprüfung der Methodik (KOB Bavendorf)

2.4.3.1 Sammeln sich entwickelnder Früchte im Infektionszeitraum und Inkubation im Brutschrank

Das Ausbringen von Köderäpfeln wurde in 2008 aufgrund der gesammelten Erfahrungen im ersten Projektjahr ausgesetzt. An dessen Stelle wurde eine neue Methodik angewandt. Dabei wurden sich entwickelnde Früchte im Infektionszeitraum aus einer Befallsanlage gesammelt und anschließend im Brutschrank inkubiert.

Methode

Bis zum Sichtbarwerden der 1. Symptome im Freiland wurden parallel zum Austüten je Termin 30 sich entwickelnde Äpfel aus einer unbehandelten Anlage der Sorte ‚Topaz‘ gesammelt und im Brutschrank bei 20 °C inkubiert. In den ersten Tagen wurden sie mit einem Handsprüher mit Wasser feucht gehalten. Die Früchte blieben 4 Wochen im Brutschrank. Ziel dieser Methode war, festzustellen, ab wann junge, sich entwickelnde Früchte infiziert werden können.

Ergebnisse

Alle gesammelten Früchte aus den 6 Terminen zeigten keine Symptomausbildung im Brutschrank. Zum selben Termin eingetütete Äpfel zeigten bei der Ernte jedoch Befallssymptome, Sporenflug und Infektion müssen demnach stattgefunden haben.

Eine Symptomausbildung der Regenflecken unter künstlichen Bedingungen zu erreichen gestaltet sich äußerst schwierig. Gründe hierfür können wiederum die, für die Regenflecken nicht optimal eingestellten Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchte) sein. Aber auch der fehlende Rhythmus von trocken und feucht, hell und dunkel, wie er natürlicherweise vorkommt, könnte für das Unterbleiben der Symptomausbildung verantwortlich sein. Im Wachstumsstadium geerntete Früchte entwickeln sich im Brutschrank nicht weiter. Denkbar wäre, dass Sporen bereits auf der Apfeloberfläche vorhanden waren, die Stoffe zur Ausbildung von Symptomen jedoch noch nicht gebildet wurden und daher die Regenflecken unerkant blieben.

2.4.3.2 Auslegen der zeitweise eingetüteten Äpfel ins Gras

Unter Punkt 2.3.3.1 ist die Methode des Ein- und Austütens beschrieben. Die bis zur Ernte eingetüteten Äpfel wurden bei der Ernte ausgetütet und ins Gras gelegt. Ziel dieser Vorgehensweise war zu untersuchen, ob sich zum Zeitpunkt des Eintütens bereits Sporen auf den Äpfeln befunden haben, welche sich aufgrund des fehlenden Wassers bis dato nicht zu Symptomen ausbilden konnten.

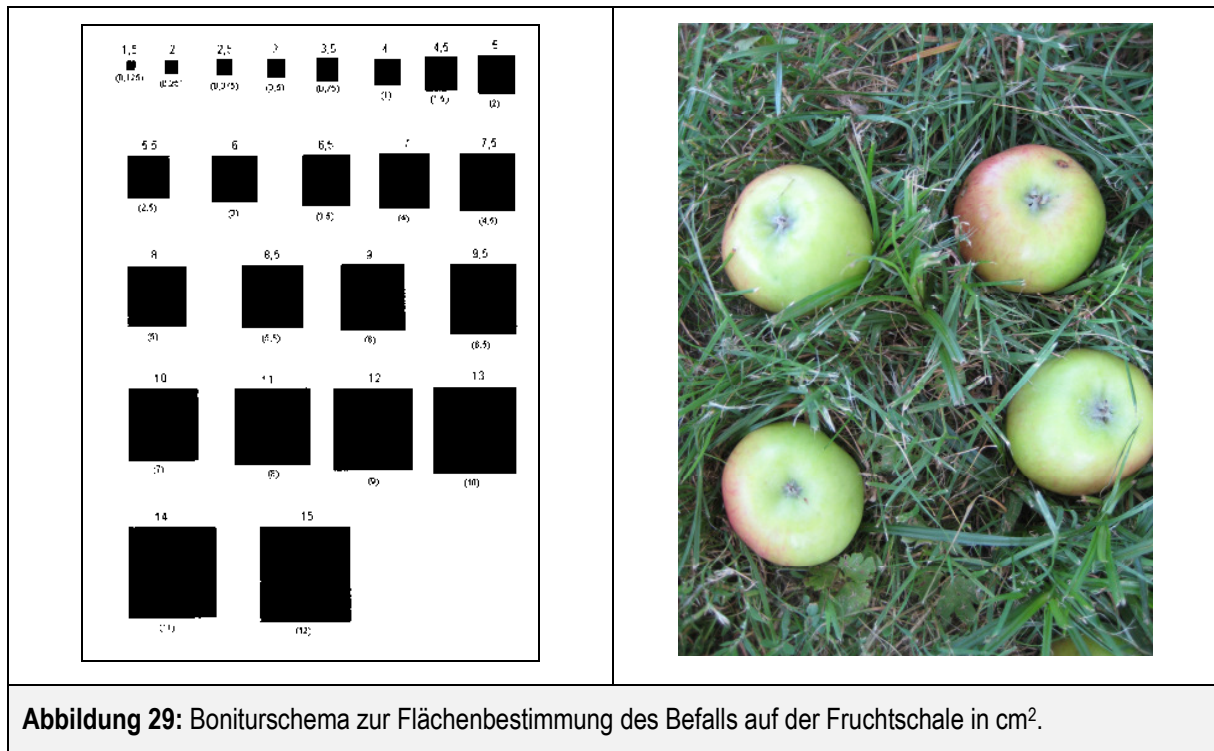


Abbildung 29: Boniturschema zur Flächenbestimmung des Befalls auf der Fruchtschale in cm^2 .

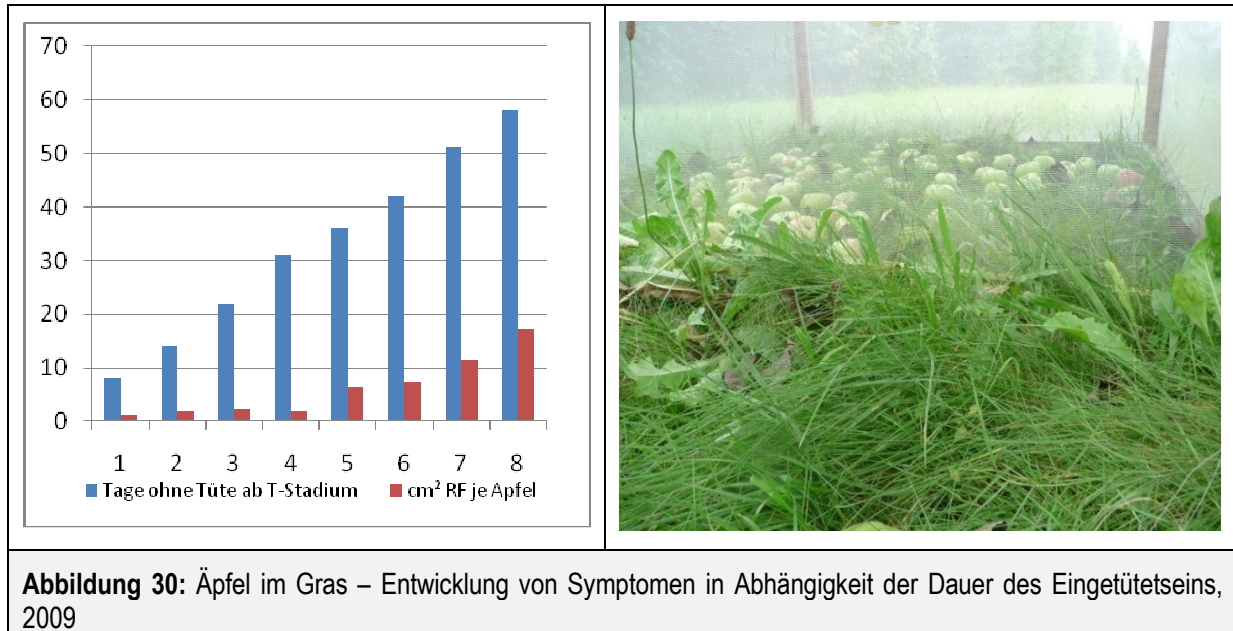
Methode

Alle zur Ernte ausgetüteten Äpfel (Variante 1-8, Abbildung 25) ohne sichtbaren Befall wurden markiert und anschließend für ca. 4 Wochen ins Gras gelegt und der natürlichen Witterung ausgesetzt. Anschließend wurden die Äpfel auf Regenfleckensymptome hin untersucht. Die Bonitur erfolgte nach einem Flächenschema unter Bestimmung der Größe der befallenen Oberfläche in cm^2 (Abb. 29).

Ergebnisse

Alle ins Gras gelegten Äpfel zeigten beim Auslegen am 16.09. keine Symptome. Nach der ca. 4-wöchigen Verweildauer im Gras wurden Symptome an Äpfeln aller Eintütvarianten sichtbar. In der Regel kam es an der Kontaktstelle von Fruchtoberfläche und Gras zur Symptomausbildung. Aufgrund der nächtlichen Taubildung im September und Oktober waren diese Auflageflächen zum feuchten Boden an den meisten Tagen über mehrere Stunden feucht. Wie Abbildung 30 verdeutlicht, verlief die Stärke der Symptomausprägung proportional zur Anzahl Tage an denen die Früchte ohne Tüte der Witterung ausgesetzt waren. Je länger die Äpfel der Witterung ausgesetzt waren, desto stärker war der sich entwickelnde Befall.

Äpfel der Variante V1 wurden am 02.06.2009 eingetütet und verblieben bis zur Ernte am 16.09.2009 in der Tüte. Trotz 15-wöchiger Eintütphase zeigten diese Äpfel nach 4-wöchigem Auslegen im Gras Regenfleckensymptome. Es scheint, dass die Pilzsporen auf dem Apfel eine sehr lange Trockenphase überstehen können ohne abzusterben und ihre Symptomentwicklung mit dem Wiedereintreffen der notwendigen Feuchtigkeit einsetzt bzw. weiter voranschreitet. Die Ergebnisse geben zudem erneut Hinweise darauf, dass Infektionen an den heranreifenden Früchten fortlaufend über die gesamte Saison möglich sind.



2.4.4 Durchführung eines Versuches zur Ermittlung des Infektionszeitpunktes mittels Containerbäumen im Folientunnel (Schlachters)

Ab dem zweiten Projektjahr wurde zur weiteren Erarbeitung der Ermittlung des Infektionszeitpunktes ein Versuch am Standort Schlachters durchgeführt, der einen anderen Ansatz verfolgte.

Methode

Zur Ermittlung der Infektionszeitpunkte unter den natürlichen Bedingungen einer Apfelpflanzung wurden ab Projektbeginn 100 Bäume von jeweils zwei RFK-anfälligen Apfelsorten ('Topaz' und 'Opal') in 50-L Containern angezogen. Bis zum Ende der Blüte in 2008 wurden die Bäume einheitlich in einem Folientunnel kultiviert (Abb. 31). Alle Bäume erhielten ein fortlaufend nummeriertes Etikett. Weitere 60 Apfelbäume der Sorte 'Topaz' wurden am 01.04.08 in 45-L Container pflanzt, damit für das dritte Projektjahr ausreichend Bäume mit gutem Blütenansatz zur Verfügung standen.



Abbildung 31: Topfbäume zur Blüte 2008 im Tunnel bzw. in der Befallsanlage im Öko- Betrieb Hüttenweiler, 2009

Die Bäume der Variante 1 blieben zwei Monate lang am Standort Lindau-Schönau. Die Variante 2 stand ein Monat lang zur Infektion in der Befallslage und wurde anschließend durch die Bäume der Variante 3 abgelöst. Für jeweils eine Woche oder für die Dauer einer Regenperiode verweilten die Varianten 4 bis 11 am Infektionsstandort. Direkt nach ihrer Rückkehr im Folientunnel wurden die Bäume 8-mal am Tag für eine Dauer von 3 min durch eine Sprühnebelanlage an fünf aufeinanderfolgenden Tagen befeuchtet. Die Regenereignisse wurden auf 5 Uhr, 6 Uhr, 7 Uhr, 11 Uhr, 12 Uhr, 16 Uhr, 17 Uhr und 18 Uhr MESZ eingestellt. Der Sprühnebel gewährleistete, dass die Bäume bis zu 8 h am Tag feucht blieben. Es wurde erwartet, dass die Symptome der im Freiland gesetzten Infektionen erst durch das Feuchthalten sichtbar werden.

Da derzeit noch keine detaillierten Erkenntnisse darüber vorlagen, ob eine Befeuchtung nach der Infektion sinnvoll ist, um die Symptome auszubilden, wurden die Varianten 12 bis 15, wie anfangs geplant, nach ihrer Rückkehr im Folientunnel nicht befeuchtet. Die Bäume der Variante 16 blieben als unbehandelte Kontrolle die gesamte Zeit im Folientunnel.

Bei der in regelmäßigen Abständen erfolgten Bonitur im Juli und August wurde die Symptomentwicklung der Regenflecken ermittelt und Rückschlüsse auf die Bedeutung der natürlichen Regenperiode für den Inokulumaufbau gezogen.

Tabelle 9: Container-Bäume-Versuch 2008: Übersicht über die Infektionszeiträume am Standort Lindau-Schönau

Tag	Varianten																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
6. Jun.	natürliche Infektionsbedingungen für die Dauer von 2 Monate	natürliche Infektionsbedingungen für die Dauer von 1 Monat		1. Regenperiode															
7. Jun.																			
8. Jun.																			
9. Jun.																			
10. Jun.																			
11. Jun.																			
12. Jun.						2. Regenperiode								2. Regenperiode					
13. Jun.																			
14. Jun.						Sprühnebel													
15. Jun.							3. Regenperiode												
16. Jun.																			
17. Jun.																			
18. Jun.																			
19. Jun.																			
20. Jun.																			
21. Jun.							3. Regenperiode												
22. Jun.																			
23. Jun.																			
24. Jun.																			
25. Jun.																			
26. Jun.																			
27. Jun.																			
28. Jun.																			
29. Jun.																			
30. Jun.																			
1. Jul.																			
2. Jul.																			
3. Jul.																			
4. Jul.																			
5. Jul.																			

Tabelle 9 (Fortsetzung)

Tag	Varianten																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
6. Jul.	natürliche Infektionsbedingungen für die Dauer von 2 Monate		natürliche Infektionsbedingungen für die Dauer von 1 Monat				Sprühnebel	5. Regenperiode									ohne Regen im Folientunnel
7. Jul.																	
8. Jul.																	
9. Jul.																	
10. Jul.																	
11. Jul.																	
12. Jul.																	
13. Jul.																	
14. Jul.																	
15. Jul.																	
16. Jul.																	
17. Jul.																	
18. Jul.																	
19. Jul.																	
20. Jul.																	
21. Jul.																	
22. Jul.																	
23. Jul.																	
24. Jul.																	
25. Jul.																	
26. Jul.																	
27. Jul.																	
28. Jul.																	
29. Jul.																	
30. Jul.																	
31. Jul.																	
1. Aug.																	
2. Aug.																	
3. Aug.																	
4. Aug.																	
5. Aug.																	
6. Aug.																	
7. Aug.																	
8. Aug.																	
9. Aug.																	
10. Aug.																	

Bei der Versuchsdurchführung zeigt sich, dass die Transporte für die Bäume nicht zuträglich waren. Oft fielen Früchte ab oder wurden beschädigt. Trotz guten Wässerns vor der Abreise und während des Aufenthalts in Lindau-Schönau litten die Bäume unter Trockenheit, da sie die ständigen Wassergaben über die Tropfbewässerung gewohnt waren. In der Folge blieben die Früchte kleiner als üblich. In der ersten Infektionswoche am 10. Juni 2008 schädigte ein Hagelschlag Blätter und Früchte der Varianten 1, 2 und 4.

Die Symptomentwicklung der Regenflecken wurde durch Bonitur zum Ende der Infektionen am 29.07. – 05.08.08 und erneut vom 25. – 28.08.08 ermittelt. Eine dritte Bonitur erfolgte zur Ernte vom 06. – 14.10.08. Je Variante wurden durchschnittlich 150 Früchte bei der Sorte Opal und 100 Früchte bei der Sorte Topaz untersucht. Von den Bäumen, die 8 Wochen in Lindau-Schönau verbrachten, wurden Fruchtproben zur Bestimmung der Erregerstämme am

13.10.08 per Post nach Jork versandt. Die Ergebnisse der Variante 3 bei den Sorten Opal und Topaz wurden nach der Ernte durch eine weitere Bonitur bestätigt.

Zusätzliche Untersuchungen

Zur Erweiterung des Erfahrungsschatzes wurden zusätzlich die Früchte von 25 gleichaltrigen Opal-Bäumen in einer praxisüblichen Ertragsapfelanlage am Standort Schlachters auf Regenflecken untersucht. Ab dem 28.07.08 wurden hierzu 250 markierte Früchte in wöchentlichen Abständen bis zur Ernte am 13.10.08 auf RFK-Befall visuell beurteilt. Die Bäume wurden während der primären und sekundären Schorfseason mit Schwefelpräparaten behandelt. Die letzte Behandlung vor der Ernte erfolgte am 08.07.08 mit 1,5 kg Netzschwefel pro Hektar.

Ergebnisse

Am Standort Schlachters fielen während der Monate Juni und Juli Niederschläge in ausreichender Menge. Während der Infektionsversuche waren es 288 Liter pro qm. Die Trockenperiode gegen Mitte Juni hatte keine Auswirkungen auf die Fruchtentwicklung beim Apfel. Ansonsten waren die Niederschläge nahezu gleichmäßig auf den Versuchszeitraum verteilt. Stärkere Niederschläge waren Mitte Juli zu verzeichnen. Für den Standort Schlachters sind dabei Regenmengen von über 45 Liter Regen pro qm und Tag normal. In der Graphik (Abbildung 32) markieren die grünen Balken die einzelnen Regenperioden, die für die Infektionen genutzt wurden. Am 11. Juli 2008 wurden 300 Blattnass-Stunden erreicht. Zum Ende der geplanten Infektionen, am 04. August waren über 550 Blattnass-Stunden aufgelaufen. Jede einzelne Infektionsperiode umfasste rund 90 Blattnass-Stunden, nur in den Perioden Mitte Juni und Ende Juli wurden lediglich 30 Blattnass-Stunden erreicht.

Die Graphiken (Abbildung 33 bis 36) geben eine Übersicht über den Regenfleckenbefall bei den Topfbäumen der Sorten `Opal` und `Topaz` in den einzelnen Infektionsvarianten an den ersten zwei Auswertungsterminen zum 29.07. bis 05.08.08 und vom 25. bis 28.08.08. Alle Varianten zeigten kaum oder sehr schwachen Regenflecken-Befall. Auf der anderen Seite waren die Verunreinigungen durch Blutläuse erheblich. Besonders betroffen waren die Varianten 4 bis 16, welche nur einen kurzen Aufenthalt in Lindau-Schönau hatten.

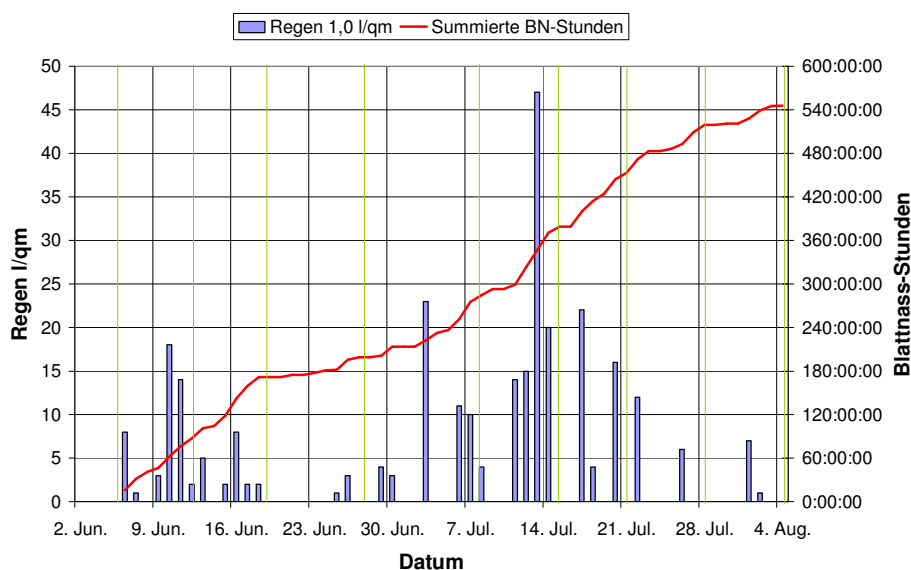


Abbildung 32: Niederschlagsmengen und Blattnass-Stunden am Standort Schlachters 2008: Übersicht über die Infektionszeiträume vom 06.06.08 bis 04.08.08

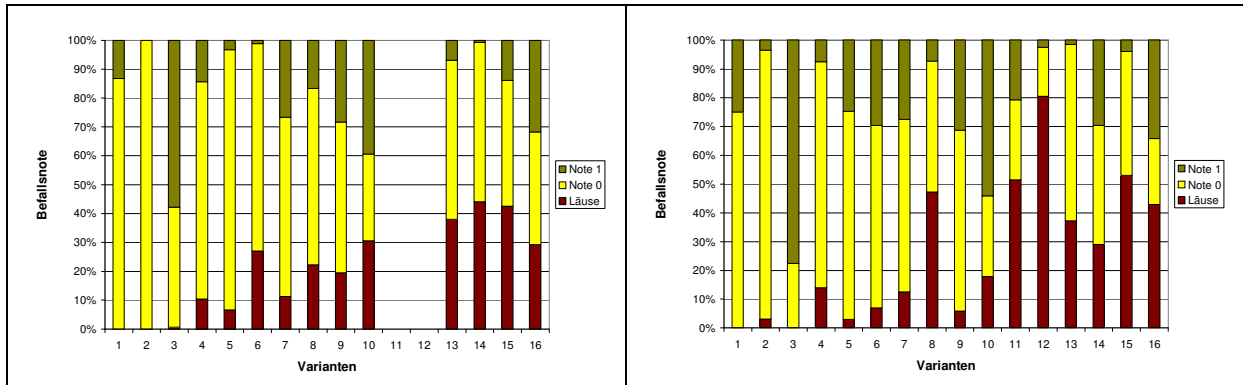


Abbildung 33: Erste Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Opal nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom 29.07. – 05.08.08

Abbildung 34: Zweite Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Opal nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom 25. – 28.08.08.

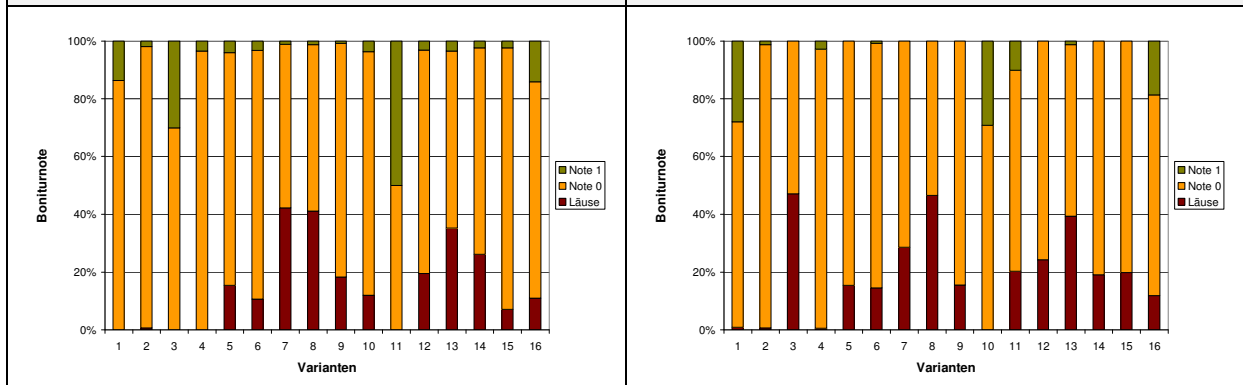


Abbildung 35: Erste Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Topaz nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom 29.07. – 05.08.08.

Abbildung 36: Zweite Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Topaz nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom 25. – 28.08.08.

Die letzte visuelle Kontrolle zur Ernte zeigte dann nur in der Variante 1 bei Topaz und Opal und in der Variante 3 bei Opal eindeutige Regenfleckenbefälle (siehe Tabelle 10 und 11). In allen anderen Varianten wurden die schwarzen Beläge durch Rußpilze verursacht. Regenfleckenbefall trat somit nur auf, wenn die Bäume vom 06.06.08 an rund 8 Wochen lang natürlicher Infektion ausgesetzt waren. Bei der vermutlich empfindlicheren Sorte Opal reichten schon die letzten 4 Wochen, ab dem 08.07.08, für Regenfleckenbefall aus.

Tabelle 10: Dritte Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Opal nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Gewichtetes Mittel der Befallsnote bei verschiedenen Infektionsvarianten. Bonitur vom 06. – 14.10.08.

Opal		Aufenthalt am Infektionsort:								
Woche:		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	
Variante 1		0,56								
Variante 2 + 3		0,03				0,38				
Variante 4 - 11		0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	mit Sprühnebel
Variante 12		0,00								
Variante 13 - 16			0,05		0,00		0,00		0,03	ohne Sprühnebel

Tabelle 11: Dritte Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Topaz nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Gewichtetes Mittel der Befallsnote bei verschiedenen Infektionsvarianten. Bonitur vom 06. – 14.10.08.

Topaz		Aufenthalt am Infektionsort:							
Woche		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Variante 1		0,50							
Variante 2 + 3		0,00				0,02			
Variante 4 - 11		0,01	0,05	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02	0,04
Variante 12		0,02							
Variante 13 - 16			0,12		0,00		0,00		0,04

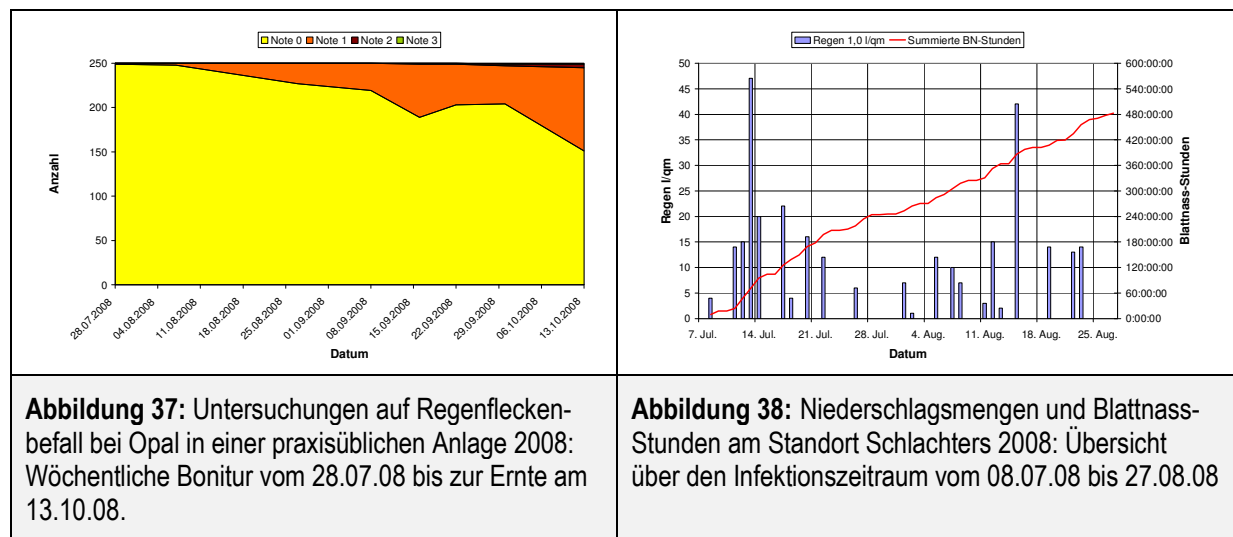
mit Sprühnebel

ohne Sprühnebel

Bonituren zum Inokulum Aufbau

Die zusätzliche Untersuchung von Opal-Früchten im Freiland ergab ab dem 07.08.2008 erste vage Regenfleckensymptome. Zum 27.08. waren die Symptome dann deutlich ausgeprägt und nahmen bis zur Ernte stetig zu. Nur in einzelnen Fällen erreichte der Befall die Kategorie 3, in der 10 bis 25 % der Oberfläche durch die RFK befallen waren (Abb. 37).

Im August verteilten sich die Niederschläge sehr gleichmäßig über den gesamten Monat. Die vom 08. Juli aufsummierten Blatt Nass-Stunden nahmen fast linear zu (Abb. 38). Beim Erreichen von 300 Blatt Nass-Stunden am 07.08.08 wurden die ersten vagen Regenfleckensymptome beobachtet.



2.4.5 Periodisches Ausstellen von Topfbäumen in einer stark befallenen Ertragsanlage (Schlachters)

Begründet durch den nur geringen Befall der jeweils nur für einen kurzen Zeitraum von einem Niederschlagsereignis in einer Befallsanlage verweilenden Topfbäume im Versuchsjahr 2008, wurde die Verweildauer der Topfbäume in der Anlage im Jahr 2009 verlängert. Analog der Versuchsanstellung mit temporärem Abdecken einer Ertragsanlage mittels Foliendach am Kompetenzzentrum Obstbau Bodensee (siehe Abschnitt 2.4.6) wurden die Zeiträume auf vier- bzw. achtwöchige Abschnitte festgelegt. Alle Bäume, die 2008 durchgängig im Folientunnel kultiviert wurden, blieben frei von Befall. Deshalb sollten auch in 2009 die sterilen Bedingungen im Folientunnel genutzt werden, um befallsfreie

Bäume bis zur Inokulation zu bevorraten. Als Ort für die natürliche Inokulation wurde ein Demeter-Bio Obstbaubetrieb in Hüttenweiler ausgewählt, da hier der dominierende Erregerstamm Typ 1 (*Peltaster sp.*) in 2008 nachgewiesen werden konnte (siehe Abschnitt 2.2.4) und der Betriebsleiter alljährlich hohen und früh einsetzenden Regenfleckenbefall in seinen Anlagen beobachtete.

Methode

Für den Versuch standen in 50 Liter Container getopfte Apfelbäume der Sorte Topaz auf der Unterlage M 9 zur Verfügung. Für jedes Versuchsglied wurden acht Bäume im 3. Laub und zwei Bäume im 2. Laub verwendet. Bis zur Inokulation wurden die Bäume in Folientunnel kultiviert. Die meisten Bäume im 3. Laub waren schon in 2008 für die Infektionsversuche verwendet worden.

Bis zum ersten Ausstellen wurden die Topfbäume im geschlossenen Tunnel kultiviert, um vorzeitige Infektionen zu verhindern. Zur Inokulation beginnend ab dem T-Stadium der Früchte wurden die Bäume verladen, gut gewässert und zur Anlage des Bio-Betriebs in Hüttenweiler gefahren. Dort wurden die Bäume auf den Baumstreifen einer gut gepflegten Randreihe der Sorte Topaz mit sehr hohem Vorjahresbefall gestellt und am Gerüst befestigt. Der Betriebsleiter behandelte diese Reihe ab Blühende nicht mehr mit Pilz-Regulierungsmitteln. Regelmäßig wurden die Container-Bäume mit einem Gießgerät gewässert und die Blutläuse mit einem Pinsel von den Trieben abgebürstet. Nach der ein, zwei oder drei Monate dauernden Inokulation wurden die Bäume in die Versuchsstation zurückgebracht und an einem freien Gerüst neben den Folientunnel befestigt, so dass sie weiterhin den Niederschlägen ausgesetzt waren. Bei Bedarf mussten die Bäume per Hand gegossen werden. Durch die weitestgehende Befallsfreiheit am Standort in den Vorjahren wurde angenommen, dass es auf der Freifläche zu keinen Infektionen kommen würde.

Zwölf Früchte pro Baum wurden nummeriert und auf Regenfleckenbefall zu unterschiedlichen Terminen (siehe unten) untersucht. Am 17.06.09 wurden auf der nicht mit Containern bestandenen Seite der Baumreihe in Hüttenweiler 250 Topaz-Früchte markiert und nummeriert. In zwei bis vierwöchigen Abständen wurden die Früchte auf Regenfleckenbefall untersucht. Vorzeitig abgefallene Früchte wurden bis zu den letzten beiden Bonituren durch neu ausgewählte ersetzt. Das Wetter wurde durch Wetterstationen aufgezeichnet. In Hüttenweiler wurden die Messfühler einer mobilen Station in derselben Reihe aufgestellt, in der die Containerbäume inokuliert wurden. In Schlachters zeichnete eine HP100 Wetterstation die benötigten Daten auf. Es erfolgte eine Beobachtung der phänologischen Entwicklungsstadien.

Den Inokulationsplan stellt die Abbildung 39 dar. Der Versuch begann mit dem Einstellen der Bäume (Versuchsglied 1, 4, 6 und 7) in den Bio-Obstbaubetrieb in Hüttenweiler (Monat 1) zum T-Stadium der jungen Früchte am 29.05.09. Gleichzeitig wurden die Bäume des Versuchsglieds 9 auf die Freifläche neben dem Folientunnel gestellt.

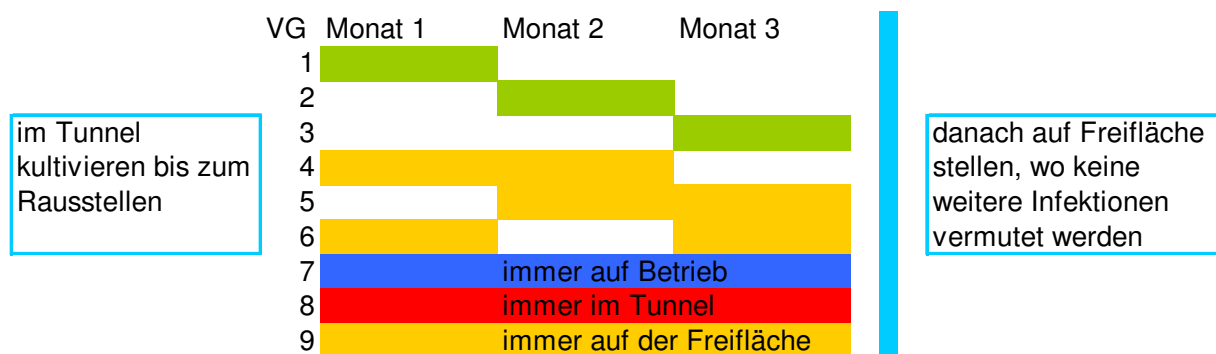


Abbildung 39: Übersicht über die Zeiträume auf der Befallsfläche: Monat 1: (T-Stadium) 29.05.09, Monat 2: 08.07.09, Monat 3: 04.08.09, Ende 31.08.09, Endauswertung 01. und 02.10.09

Nach rund einem Monat am 08.07.09 kamen die Bäume von Versuchsglied 1 und 6 wieder zur Versuchsstation zurück und wurden dort auf die Freifläche gestellt. Am gleichen Tag wurden für den zweiten Infektionsmonat die Bäume der Versuchsglieder 2 und 5 nach Hüttenweiler gefahren. Die erste Befallskontrolle an den Bäumen auf der Freifläche erfolgte am 14.07.09.

Der dritte Monat begann am 04.08.09: Die Versuchsglieder 2 und 4 kamen zurück nach Schlachters auf die Freifläche. Erneut wurden die Bäume aus Versuchsglied 6 zusammen mit denen aus Versuchsglied 3 nach Hüttenweiler gefahren. Der bis dahin aufgelaufene Befall bei VG 6 wurde ein Tag zuvor protokolliert. Alle auf der Freifläche stehenden Bäume wurden am 05.08.09 erneut auf Befall untersucht. Zum Ende des dritten Monats am 31.08.09 wurden alle Bäume zurück nach Schlachters auf die Freifläche gestellt. Es folgten zwei Auswertungen an allen Versuchsbäumen vom 31.08. bis 02.09.2009 sowie vom 01. bis 02.10.2009. Dabei wurden auch die Bäume aus VG 8, die während der gesamten Zeit im Tunnel blieben, auf RFK-Befall untersucht. Für die Beurteilung wurde das fünf-stufige Boniturschema von wie unter Punkt 2.3.1 beschrieben verwendet.

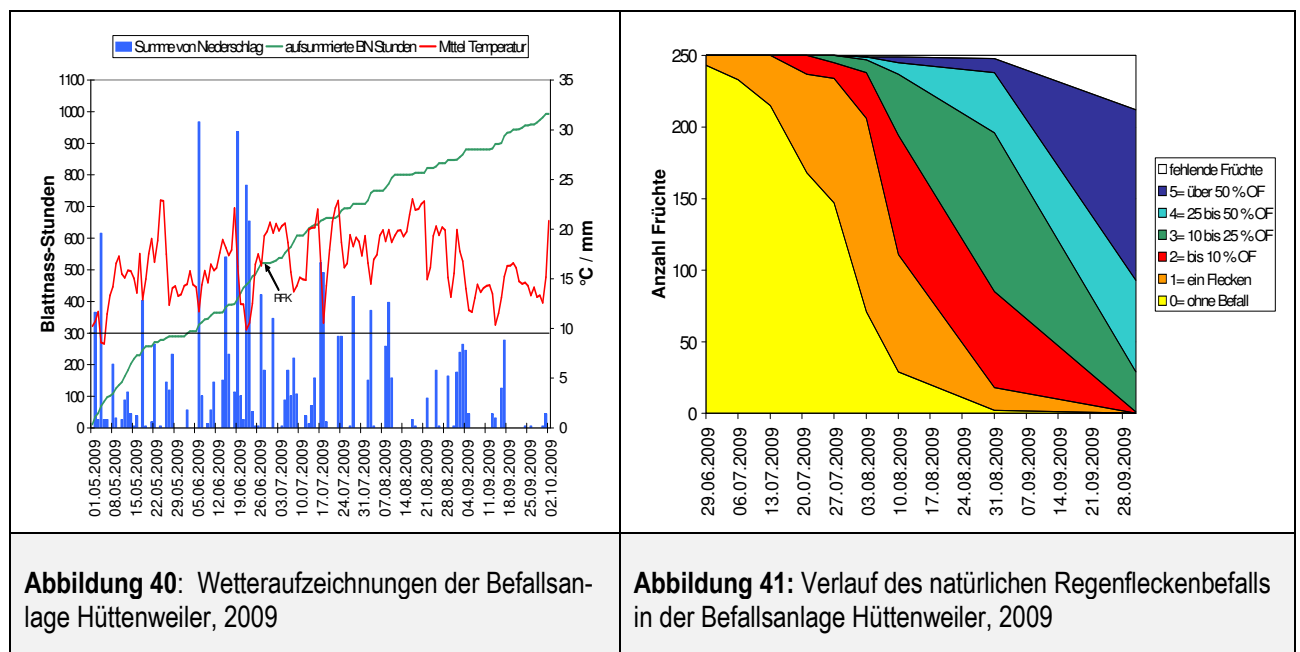
Ergebnisse

Witterung

Der Sommer 2009 war geprägt von häufigen, z. T. ergiebigen Niederschlägen. Von der Vollblüte (01.05.09) bis zur Ernte (01.10.09) fielen über 500 mm Regen. Lang anhaltende Blattfeuchte war Anfang Mai und Mitte Juni gegeben. Trockene Phasen gab es im August und September.

Phänologie

Die Apfelsorte Topaz erreichte am 14.04.09 das Stadium Grüne Knospe BBCH 56 und am 20.04. das Ballonstadium (BBCH 59). Die Vollblüte (BBCH 65) war am 27.04. Zum 05.05. begannen die Blütenblätter abzufallen (BBCH 67) und am 11.05.09 war die Blüte beendet (BBCH 69). Am 29.05.09 erreichten die Früchte das T-Stadium. Die Pflückreife erlangten die Früchte am 01.10.09.



Regenflecken-Befallsentwicklung 2009 unter natürlichen Bedingungen

Die ersten RFK-Befallssymptome waren am 29.06.09 in der Anlage in Hüttenweiler zu beobachten. Ab 10 Tage nach Kronenblätterfall (BBCH 69) gerechnet waren bis dahin 244 Blattnass-Stunden aufgelaufen. Zunächst baute sich der Befall an der Apfelsorte Topaz langsam auf. Eine starke Befallszunahme war vom 13. bis 20. Juli und vom 27. Juli bis 10. August zu beobachten. Ab Anfang September war keine Frucht mehr Befalls frei und der Anteil stark geschädigter Früchte (über 50 % der Oberfläche befallen) nahm stark zu. Zur Ernte war keine Frucht mehr vermarktungsfähig.

Regenflecken-Befallsentwicklung an den Container-Bäumen

Abbildung 42 gibt einen Überblick über den Regenfleckenbefall bei allen Varianten des Versuchs inklusive des natürlichen Befalls in Hüttenweiler. Der natürliche Befall im Betrieb nahm im August schnell zu und erreichte zur Ernte einen hohen Befallsindex von knapp 4,5. An den Container-Bäumen, die drei Monate lang im Betrieb verblieben (VG 7), erreichte der Befall ebenfalls ein hohes Niveau von 4. Damit lag er nur eine halbe Boniturstufe unterhalb des natürlichen Befalls im Betrieb. Die vom Versuchsbeginn an (29.05.) auf der Freifläche kultivierten Container-Bäume (VG 9) zeigten am 14.07. erste Symptome. Es folgte ein langsamer Befallsanstieg und ab September eine starke Befallszunahme.

Bis zur Ernte wurde ein mittlerer Schädigungsgrad erreicht. Die fortwährend im Tunnel kultivierten Bäume zeigten keinen Regenfleckenbefall.

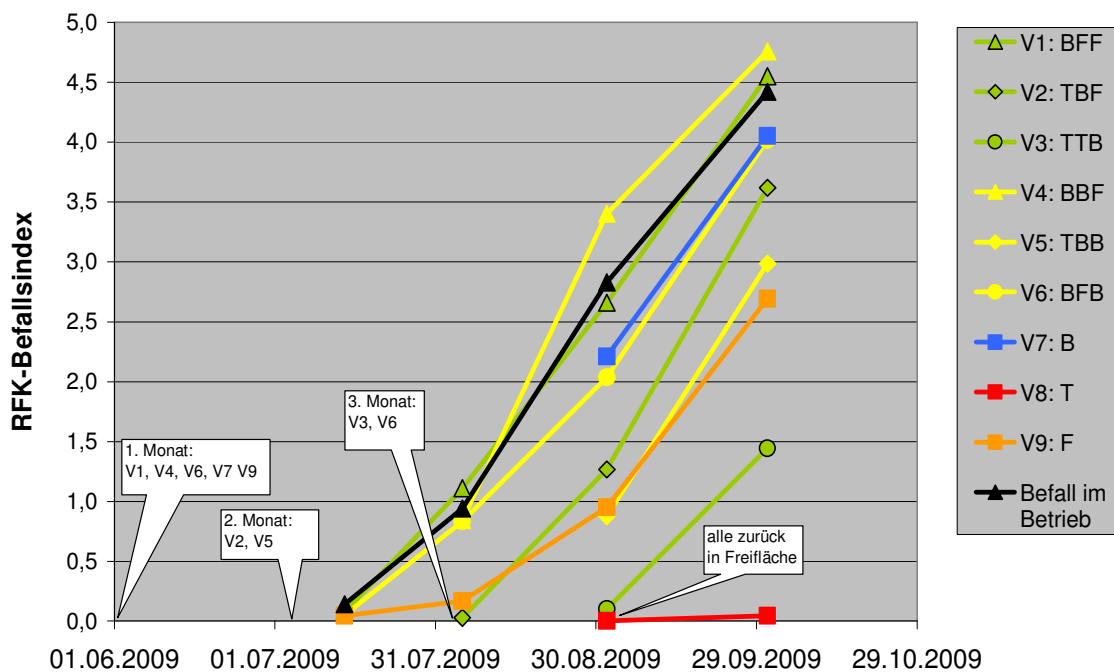


Abbildung 42: Überblick RFK-Befall durch Inokulation von Container-Bäumen 2009 am Standort Hüttenweiler

In Abbildung 43 ist der Regenfleckenbefall an den Bäumen dargestellt, die einen Monat lang der Infektion am Standort Hüttenweiler ausgesetzt waren. Die am 29.05.09 ausgesetzten Bäume zeigten am 14.07. nach 346 Blattnass-Stunden den ersten Befall, der sich auf der Freifläche rasch aufbaute und zur Ernte ein hohes Niveau erreichte. Der Schädigungsgrad war mit der natürlichen Infektion vergleichbar. Die zum zweiten Monat, am 08.07.09 ausgesetzten Bäume zeigten nach 176 Blattnass-Stunden am 05.08. ersten Befall. Auch bei diesen Bäumen nahm der Befall kurz vor der Ernte stark zu. Vom 04.08. bis 31.08. wurden die Bäume von Versuchsglied 3 infiziert. Durch die Kürze der Zeit vom Infektionsbeginn bis zur Ernte baute sich nur ein schwacher Befall auf. Die ersten Symptome waren aber schon nach 138 Blattnass-Stunden sichtbar.

Die in Abbildung 43 dargestellten Ergebnisse legen folgende Schlussfolgerungen nahe: Die Stärke des resultierenden Gesamtbefalls zur Ernte ist abhängig von der Dauer, der die Früchte der Witterung ausgesetzt sind. Je früher im Jahr Infektionen stattfinden können, desto stärker kann sich der Befall zur Ernte entwickeln. Die Dynamik der Befallsentwicklung scheint nicht ausschließlich von den natürlichen Niederschlagsereignissen und Blattnässeperioden abhängig zu sein. Die nahezu parallel ansteigende Zunahme des Befalls der zu unterschiedlichen Zeitpunkten mit jeweils unterschiedlichen Witterungsbedingungen ins Freiland gestellten Versuchsbäume bestätigt dies. Ab dem Zeitpunkt des ersten Auftretens von Befallssymptomen in der Anlage scheint sich die Inkubationszeit und die zur Symptomausprägung notwendige Blattnassdauer zu verkürzen (siehe Abbildung 44). Bei den im Juli und August begonnenen Infektionen verkürzte sich einerseits die Blattnassdauer auf 176 Stunden bzw. 138 Stunden, andererseits verkürzte sich die Zeit von Infektionsbeginn bis zum Auftreten der Symptome von 46 Tage (Infektion ab T-Stadium: 29.05.) auf 28 Tage (Infektion ab 08.07.09) bzw. 27 Tage (Infektion ab 04.08.09).

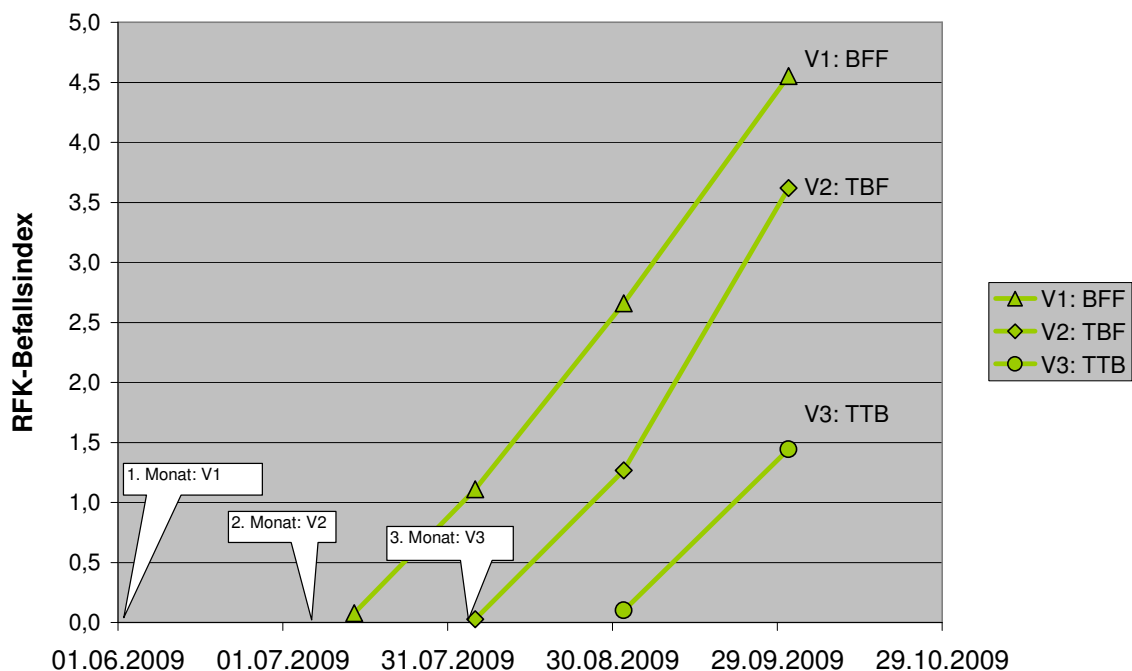


Abbildung 43: Teilansicht: Auswirkung monatlicher Infektionsdauer am Standort Hüttenweiler auf den Regenfleckenbefall an Container-Bäumen.

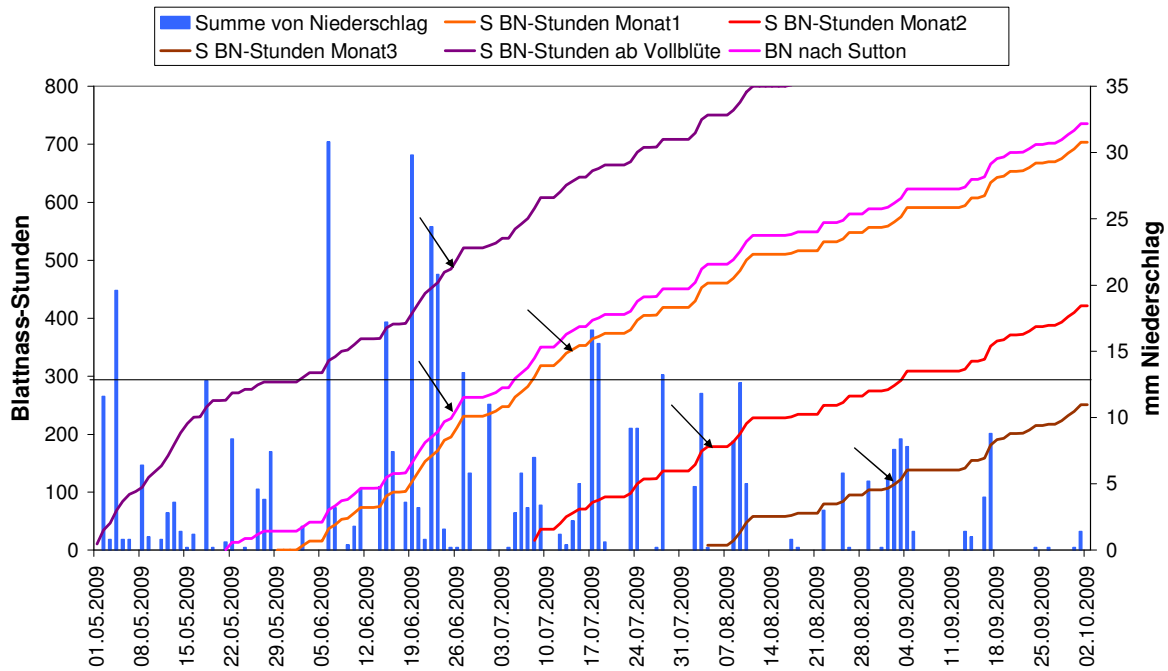


Abbildung 44: Aufsummierte Blattnass-Stunden in Abhängigkeit vom Inokulationsbeginn. Das Auftreten der ersten RFK-Symptome ist durch Pfeile markiert

In Abbildung 45 ist der Regenfleckenbefall an den Bäumen dargestellt, die zwei Monate lang der Infektion am Standort Hüttenweiler ausgesetzt waren. Die Bäume der Versuchsglieder vier und sechs kamen zu Beginn des ersten Infektionsmonats in den Betrieb. Die Bäume in VG 4 blieben zwei Monate lang dort und zeigten zum Ende des zweiten Monats bereits einen schwachen Regenfleckenbefall von 0,8 (einzelne Flecken) der sich bis zur Ernte auf ein sehr hohes Niveau von 4,5 steigerte. Versuchsglied 6 kam dagegen am 08.07. auf die Freifläche. An diesen Bäumen wurde am 14.07. erster Regenfleckenbefall beobachtet, der bis zum 04.08. auf Note 0,8 (einzelne Flecken) anstieg. Zu diesem Zeitpunkt waren VG 4 und VG 6 somit gleichstark von Regenflecken befallen. Bis zum Ende des dritten Monats verbrachten die Bäume aus VG 6 die Zeit erneut im Betrieb. Zum Ende des dritten Monats (01.09.) erreichte der Befall bei Versuchsglied 6 nur die Kategorie 2 und stieg bis zur Ernte auf 4 an. Im dritten Monat entwickelte sich somit der Befall auf der Freifläche stärker als im Betrieb in Hüttenweiler.

Die Bäume in VG 5 standen während des zweiten und dritten Infektionsmonats im Betrieb. Zum Ende des dritten Monats zeigten die Früchte einen schwachen RFK-Befall von 0,9, der während des letzten Monats auf der Freifläche auf mittleres Niveau (Kategorie 3) anstieg. Der Befall lag damit nur wenig unterhalb des Versuchsglieds zwei. Da bei beiden Versuchsgliedern (5 und 2) die Infektion zur selben Zeit begonnen wurde, ist anzunehmen, dass auch hier die Bedingungen für die Regenflecken im dritten Monat auf der Freifläche (VG 2) günstiger waren als im Betrieb (VG 5).

Die Freifläche zeigte sich nicht frei von RFK-Erregern. Die Symptome traten gleich früh wie an den im Betrieb Hüttenweiler infizierten Container-Bäumen auf. Der Befall baute sich aber auf der Freifläche weniger schnell auf.

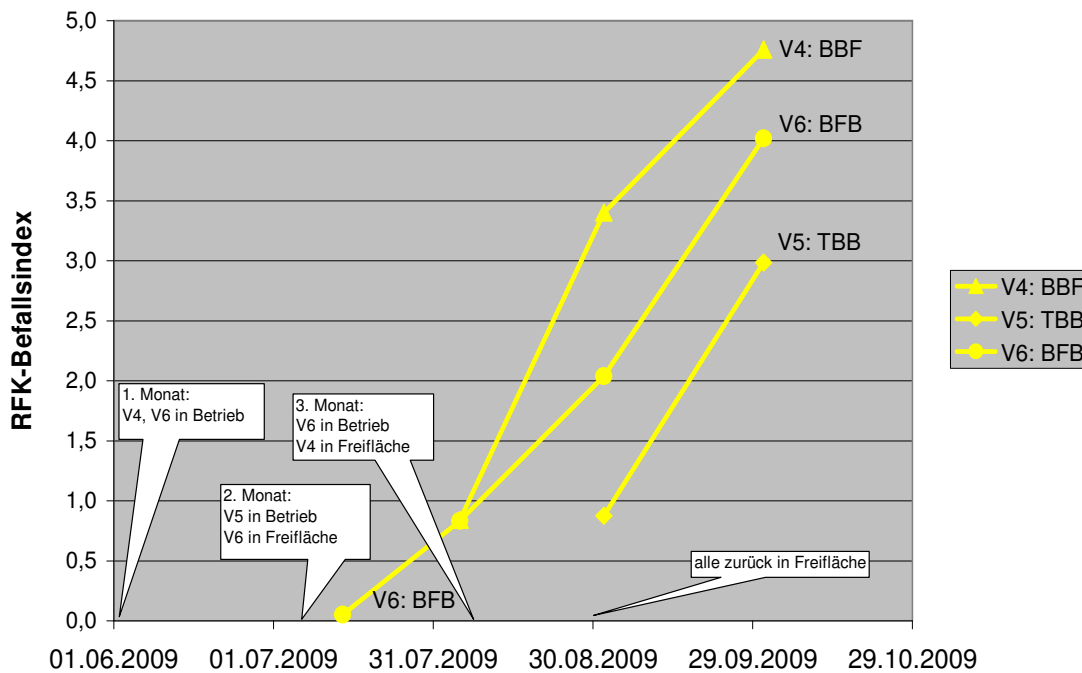


Abbildung 45: Auswirkung einer zwei Monate andauernden Infektion am Standort Hüttenweiler auf den Regenfleckenbefall an Container-Bäumen

2.4.6 Temporärer Schutz vor natürlichen Niederschlagsereignissen mittels Abdeckung mit mobilem Dach (KOB Bavendorf)

Im Jahr 2009 wurde eine zusätzliche Reihe mit 50 Bäumen der Sorte `Topaz` mit einem „mobilen“ Dach ausgestattet. Die Bäume wurden monatsweise überdacht und somit vor den natürlichen Niederschlägen geschützt. Anhand der Wetterdaten und der fortlaufenden Erfassung des Symptomaufbaus sollten Rückschlüsse auf die Infektionsbiologie der Erreger gezogen werden. Eine Bewertung der natürlichen Witterung in den Monaten Juni, Juli und August im Hinblick auf deren Einfluss auf die Symptomentwicklung sollte dadurch möglich sein.

Methode

Mit einem Überdachungssystem der Firma Brühwiler wurde eine Reihe einer in den Vorjahren stark mit Regenflecken befallenen Topaz-Ertragsanlage abgedeckt. Die Unterteilung der Reihe erfolgte in 5 Kompartimente, welche zu unterschiedlichen Zeiträumen vor den natürlichen Niederschlagsereignissen geschützt waren. Die einzelnen Varianten sind in Abbildung 46 dargestellt.

Die Varianten V2, V4 und V5 wurden jeweils für einen Zeitraum von vier Wochen abgedeckt, während die Variante V3 für acht Wochen abgedeckt wurde. Die Kontrollvariante wurde ab Versuchsbeginn bis zur Ernte durchgängig abgedeckt. Die ersten Varianten wurden beginnend ab dem 15.06.2009 zum Stadium T-Stadium abgedeckt. Zu diesem Zeitpunkt waren 94 Feuchtestunden nach Sutton erreicht. Symptome waren zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht vorhanden. Die Bonituren erfolgten ab dem 17.07. bis zur Ernte einmal pro Woche an jeweils 150 beliebig ausgewählten Früchten je Variante nach dem unter Punkt 2.3.1. beschriebenen Boniturschema.

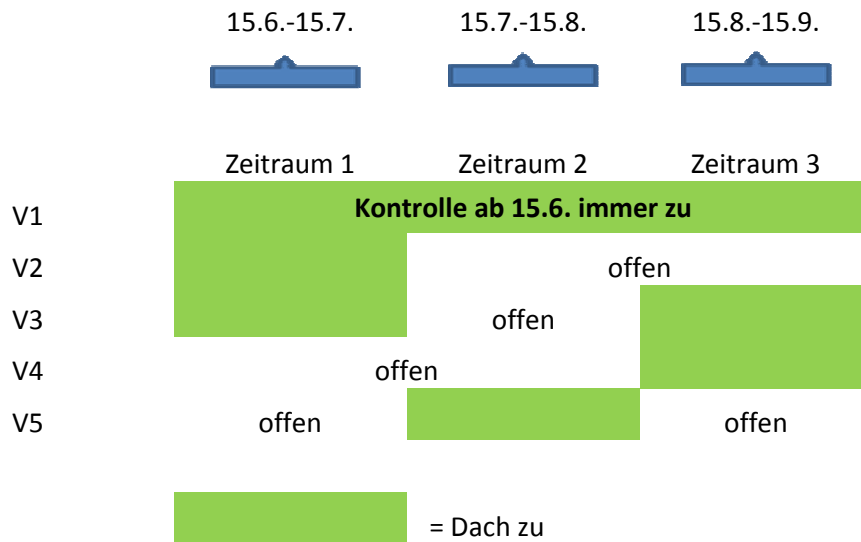


Abbildung 46: Temporär abgedeckte Versuchsglieder

Ergebnisse

Mit einem Schädigungsgrad zur Ernte von 4,8% war der Befall in der Kontrolle sehr gering. Damit zeigt sich, dass durch die Abdeckung mittels Foliendach eine weitestgehende Unterbindung von Infektionen möglich war. Eine 100%ige Verhinderung von Infektionen konnte nicht erreicht werden und war vor dem Hintergrund eines anzunehmenden Sporenflugs in der Ertragsanlage, der regelmäßigen vorhandene Blattnässe durch nächtliche Taubildung sowie der Möglichkeit, dass Infektionen durch bereits am Baum überwinterte Sporen ausgelöst werden können, nicht zu erwarten. Der Schädigungsgrad zur Ernte lag in den jeweils für einen Zeitraum von vier Wochen abgedeckten Varianten V2 mit 72,1%, V4 mit 83,9% und V5 mit 79,3% auf vergleichbarem Niveau (Tab. 12). Die Niederschlagsmengen in den einzelnen Zeiträumen unterschieden sich jedoch deutlich voneinander. Den Wetterverlauf in Bavendorf zeigt Abbildung 47.

Vergleicht man die Varianten V2 und V3, die im gleichen Zeitraum zwischen dem 17.06 und dem 13.07. abgedeckt wurden, stellt man fest, dass der Schädigungsgrad P in den vier Wochen nach Öffnen des Daches bis zum 14.08 mit 29,3% (V2) bzw. 31,3% (V3) noch vergleichbar ist. In der anschließend bis zur Ernte unabgedeckt verbleibenden Variante V2 stieg der Schädigungsgrad bis zur Ernte auf 72,1% weiter an. Hingegen stieg der Schädigungsgrad in Variante 3 durch die weitere Abdeckung im Zeitraum 14.08. bis Ernte nur unwesentlich auf 39,2%. In der bis zum 14.08. unabgedeckten Variante 4 war bis zum 14.08. ein Schädigungsgrad von 82,4% erreicht. Durch die anschließende Abdeckung ist der Befall bis zur Ernte kaum angestiegen und erreichte zur Abschlussbonitur 83,9%.

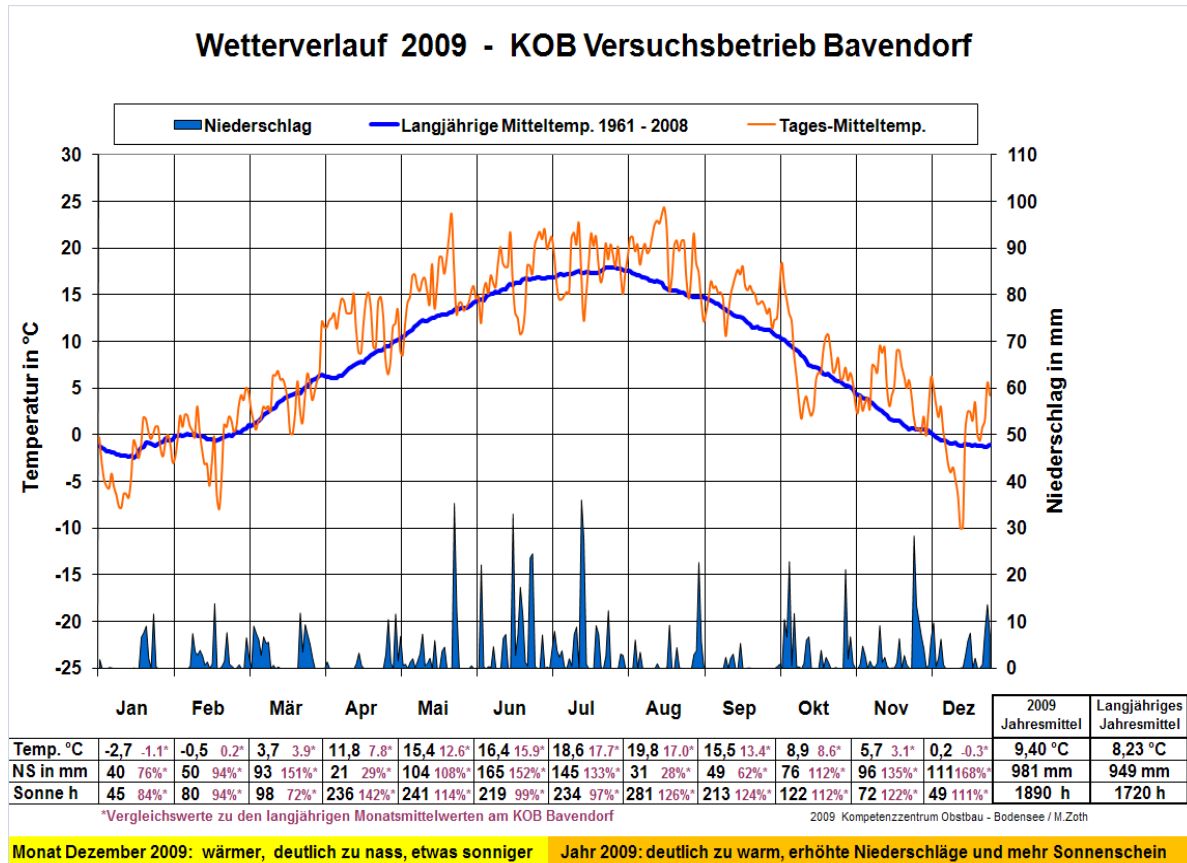


Abbildung 47: Witterungsverlauf im Jahr 2009 am Standort Bavendorf

Tabelle 12: Ergebnisse des Versuches mit temporärer Folienüberdachung am Standort Bavendorf

Varianten	Zeitraum zu	Boniturdatum	Summe FS Sutton	Schädigungsgrad P (%)
V1	17. Juni- Ernte	17.7.	94	0
		14.8.	94	0
		18.9.	94	4,8
V2	17. Juni- 13. Juli	17.7.	119	0
		14.8.	224	29,3
		18.9.	349	72,1
V3	17. Juni-13. Juli + 14. August - Ernte	17.7.	119	0,1
		14.8.	224	31,3
		18.9.	224	39,3
V4	14.8.-Ernte	17.7.	302	36,7
		14.8.	408	82,4
		18.9.	408	83,9
V5	13. Juli-14. Aug.	17.7.	277	24,1
		14.8.	277	41,1
		18.9.	402	79,3

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Abhängigkeit zwischen Befallstärke und Dauer der Abdeckung durch geschlossene Überdachung. Es gilt wiederum die Regel: je länger die Früchte der natürlichen Witterung ausgesetzt sind, desto stärker ist die Symptomausprägung. Dabei scheint es von untergeordneter Rolle zu sein, in welchem Monat ab T-Stadium bis zu Ernte die Früchte geschützt sind. Es hat den Anschein, dass die Ausbreitung der Symptome gezielt durch das Auf- und Zumachen der Folie gesteuert werden kann. Dabei ist unklar, ob es sich bei der Ausbreitung um neue Infektionen handelt oder ob sich die Flecken durch das Wachstum zuvor gebildeter Pilzkolonien vergrößern.

Unter natürlichen Bedingungen traten in 2009 die ersten Symptome nach einer Feuchtstundenanzahl (Sutton) von 240 auf. Die Varianten V2 und V3 wurden bis zum 13. Juli geschützt und danach den natürlichen Bedingungen ausgesetzt. In beiden Varianten wurden die ersten Symptome bereits nach weniger als 150h festgestellt. Diese Beobachtung deckt sich mit den im Topfbaum-Versuch gewonnenen und unter Punkt 2.4.6 dargestellten Ergebnissen. Sobald Symptome und damit Konidien in der Anlage vorhanden sind, erfolgen sowohl das Auftreten erster Symptome nach einer Infektion als auch die quantitative Zunahme des Befalls schneller. Die mittels unterschiedlicher Methodik gewonnenen Ergebnisse erhärten die Vermutung, dass die Blattnässedauer nicht alleine dafür verantwortlich ist, wann Symptome auftreten. Darüber hinaus liegt die Schlussfolgerung nahe, dass sich die zur Inkubation notwendige Blattfeuchtesumme im Laufe der Saison parallel zum zunehmenden Befallsumfang in der Anlage verkürzt.

2.5 Charakterisierung der Dynamik des Inokulumaufbaus in Abhängigkeit von Regendauer und Regenintensität (TB 5)

Durch künstliche Beregnung einer überdachten Versuchsanlage sollte der Einfluss von Regendauer und Regenintensität auf die Symptomentwicklung ermittelt werden. Eine Eingrenzung der zum Symptomaufbau führenden Niederschlagsereignisse präzisiert die Prognosemodelle und führt zu einer Reduzierung der notwendigen Spritzbehandlungen.

2.5.1 Simulation von unterschiedlichen Regenereignissen im Hauptinkubationszeitraum Juni bis August (KOB Bavendorf)

Methode

Mit den Untersuchungen zur Dynamik des Inokulumaufbaus in Abhängigkeit von Regendauer und Regenintensität wurde im Juni 2008 begonnen. Hierfür wurde im Freiland eine Versuchsanlage, bestehend aus 100 Bäumen der Sorte Topaz, mit einer Folienüberdachung und künstlichem Beregnungssystem aufgebaut (Abb. 40+41). Insgesamt waren 9 unterschiedliche Beregnungsvarianten mit jeweils 10 Bäumen pro Variante möglich.



Versuchsjahr 2008

Im Versuchsansatz des Jahres 2008 unterschieden sich die Varianten hinsichtlich der Dauer der künstlich erzeugten Regenereignisse sowie ihrer Anzahl. Die ausgebrachte Regenmenge von 200 mm pro Variante blieb über alle 9 Varianten hinweg konstant. Sie richtete sich nach der natürlich zu erwartenden Regenmenge der Versuchsmonate Juni, Juli und August am Standort Bodensee. Die Kontrolle wurde überdacht und nicht beregnet. Die Folie wurde am 9. Juni 2008 kurz vor Erreichen des T-Stadiums der Früchte (16. Juni) geschlossen. Bis dahin wurden 65 Feuchtestunden* nach Sutton** gezählt.

* Elektrische Leitfähigkeit der Hanfschnur am Blattnaßfühler >50%, Regendauer > 4h

** Aufsummierung der Feuchtestunden ab 1. Regenereignis nach 10 Tagen nach BBCH 69 (alle Blütenblätter abgefallen).


In Kalenderwoche 28 wurde die künstliche Beregnung angeschaltet und der Versuch gestartet. Die simulierten Regenereignisse unterschieden sich sowohl in ihrer Anzahl als auch in ihrer Dauer. Den detaillierten Beregnungsplan zeigt Tabelle 13.

Unterschiede in der Geschwindigkeit des Symptomaufbaus wurden anhand regelmäßig durchgeführter Bonituren ermittelt. In Kombination mit der Erfassung der Feuchteparameter Blattnässedauer und Luftfeuchte unter und außerhalb der Überdachung sollten Aussagen über die zur Symptomausbreitung notwendige Niederschlags- und Blattnässedauer sowie Niederschlagsmenge getroffen werden. Eine Bewertung natürlicher Regenereignisse unter dem Aspekt der Notwendigkeit einer gezielten Bekämpfung sollte dadurch ermöglicht werden.

Zur Ermittlung des Symptomaufbaus der Regenflecken wurden pro Variante 70 Äpfel markiert und nummeriert. Bis zur Ernte wurden 5 Bonituren in 2-4-wöchigem Abstand durchgeführt. Es wurde das in Tabelle 5 beschriebene Boniturschema mit 5 Befallsklassen verwendet.

Tabelle 13: Berechnungsvarianten 2008, Standort Bavendorf

Tag	Ko	1-2 Regenereignisse			3 Regenereignisse			5 Regenereignisse		
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
7.7.	ohne Regen	66,6	33,3	22,2	22,2	16,6	13,3	20	13,3	10
8.7.		66,6	33,3	22,2	22,2	16,6	13,3	20	13,3	10
9.7.		66,6	33,3	22,2	22,2	16,6	13,3		13,3	10
						16,6	13,3			10
							13,3			
17.7.			33,3	22,2	22,2	16,6	13,3	20	13,3	10
18.7.			33,3	22,2	22,2	16,6	13,3	20	13,3	10
19.7.			33,3	22,2	22,2	16,6	13,3		13,3	10
20.7.				22,2		16,6	13,3			10
21.7.				22,2			13,3			
22.7.				22,2						
12.8.					22,2	16,6	13,3	20	13,3	10
13.8.					22,2	16,6	13,3	20	13,3	10
14.8.					22,2	16,6	13,3		13,3	10
15.8.						16,6	13,3			10
16.8.							13,3			
4.9.								20	13,3	10
5.9.								20	13,3	10
6.9.									13,3	10
7.9.										10
12.9.								20	13,3	10
13.9.								20	13,3	10
14.9.								13,3	10	
15.9.									10	
Feuchte- stunden		130	160	195	182	208	233	216	258	325

 Sonnenschein, Blattnäse konnte nicht gehalten werden

Bis Mitte August waren in keiner Variante Regenfleckensymptome zu finden. Die ersten Flecken traten bei der Bonitur am 19. August in den Varianten V5 und V8 auf. Bis zur Ernte am 1. Oktober kam es zur folgenden Symptomausprägung (Tab. 14):

Tabelle 14: Überdachung 2008: Symptomaufbau bis zur Ernte, Anzahl Äpfel je Befallsklasse

Boniturdatum	Ko	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
1.10.	-	-	1x1	3x1	6x1	9x1 1x2	10x1	12x1	28x1 1x2	11x1 1x2

Die Varianten V7 – V9 zeigten zur Endbonitur im Oktober die meisten Regenflecken. Sie waren am längsten der Nässe ausgesetzt. Mit 28 Äpfeln der Befallsklasse 1 und einem Apfel der Befallsklasse 2 zeigte V8 mit einer aufsummierten Feuchtestundenzahl von 258 (Tabelle 13) die meisten Regenfleckensymptome. Hingegen zeigten die Varianten V1 – V4 keine bzw.

nur wenig Symptombildung. Die überdachte und nicht beregnete Kontrolle war befallsfrei. Wie vermutet, nahm der Befall mit steigender Feuchtestundenzahl zu. Es konnten Symptome der Befallsklassen 1 + 2 erreicht werden, eine starke Symptomausprägung (Befallsklasse 3-5) kam in allen Varianten nicht zustande. Die Anzahl Feuchtestunden je Variante wurde anhand von Beobachtungen geschätzt, da separate Blattnaßfühler in den einzelnen Kompartimenten fehlten. Bei warmer Witterung konnte keine durchgängige Blattnässe über mehrere Tage erreicht werden. Unter 200 Feuchtestunden scheinen sich keine Symptome ausbilden zu können.

Versuchsjahr 2009

In 2009 wurde die Versuchsausrichtung leicht verändert. Dabei wurde die Fragestellung behandelt, wie viele Feuchtestunden für eine Weiterentwicklung der Regenflecken bei geringem Ausgangsbefall notwendig sind.

Methode

Um die Methodik an die abgeänderte Versuchsfrage anzupassen, wurde die Folie in 2009 erst nach dem Sichtbarwerden der ersten Symptome aufgezogen. Am 20.07.2009 wurden in allen Varianten an jeweils 25 Äpfeln mit der Befallsklasse 1 und 2 alle bis dato vorhandenen Symptome mit einem wasserfesten Permanentmarker schwarz eingekreist. Bis zu diesem Zeitpunkt waren 320 Feuchtestunden nach Sutton erreicht. Anschließend wurde das Foliendach geschlossen. Am 24.07. wurde die Beregnung mit den in Tabellen 15 und 17 dargestellten Varianten gestartet. Am 28.07 sowie am 11.08.2009 wurden die bis dahin neu hinzugekommenen Symptome mit einer jeweils anderen Farbe markiert. Nach der letzten Markierung am 11.08. erfolgte die Abschlussbonitur nach dem in Abschnitt 2.4.3.2. beschriebenen Flächenschema. Dabei wurde die Ausgangsfläche „vorher“ (20.7.) mit der Endfläche „nachher“ (11.8.) in Beziehung gesetzt.

Tabelle 15: Beregnung 2009, Standort Bavendorf

Variante	Beregnungsdauer
V1	Keine Beregnung
V2	10 Feuchtestunden (entspricht etwa Mills 1 nach RimPro)
V3	20 Feuchtestunden (entspricht etwa Mills 2 nach RimPro)
V4	30 Feuchtestunden (entspricht etwa Mills 3 nach RimPro)
V5	7 Tage lang jeweils nachts beregnet

Tabelle 16: Anzahl taubedingter Feuchtestunden im Versuchszeitraum

Datum	Tägliche taubedingte Feuchtestunden
24.-25.7.	16
25.-26.7.	17
26.-27.7.	16
27.-28.7.	17
28.-29.7.	16
29.-30.7.	16
30.-31.7.	17

Tabelle 17: Darstellung der Beregnungsintervalle 2009, Standort Bavendorf

Beregnungsintervall	keine Beregnung	über Nacht, eine Woche	Mills 3 (ca. 30h)	Mills 2 (ca. 20h)	Mills 1 (ca.10h)
Zeitraum	---	ab 24.07. 7 Tage lang jede Nacht: 4 Intervalle zu je 45 min: 20:00, 21:00, 22:00 und 23:00 Uhr	30 Stunden: Start 24.07. von 8:00 - 25.07. 12:00 Uhr	20 Stunden: Start 24.07. ab 8:00 Uhr 10 Stunden + ab 18:15 Uhr 10 Stunden (bis 4:15 Uhr)	10 Stunden: Start 24.07. ab 8:00 Uhr bis 18: Uhr

Ergebnisse

Wie aus Tabelle 18 ersichtlich wird, konnte in allen Varianten eine Flächenzunahme der Regenfleckensymptome im dreiwöchigen Versuchszeitraum festgestellt werden. In der Beregnungsvariante V2 mit zehn simulierten Feuchtestunden konnte mit 85,5% Zunahme der Befallsfläche ein mit der nicht beregneten Kontrolle (86,4%) vergleichbarer Flächenzuwachs festgestellt werden. Der Flächenzuwachs in der nicht beregneten Kontrolle lässt sich mit der im Versuchszeitraum vorhandenen, nächtlichen Taubildung erklären. Aus der Darstellung der täglichen Blattfeuchtestunden in Tabelle 16 wird ersichtlich, dass im Beregnungszeitraum täglich 16 – 17 Stunden Blattfeuchte aufgrund der Taubildung zustande kamen. Dies legt wiederum den Schluss nahe, dass zur Ausbreitung vorhandener Regenfleckensymptome auf der Fruchtoberfläche bereits Taufeuchte ausreichend ist. Durch die Auswertung der Verteilung neu hinzukommender Symptome lässt sich zudem die Vermutung äußern, dass es sich bei der Zunahme größtenteils um Symptome handelt, die aus bereits vorhandenen, aber noch nicht sichtbaren Infektionen entstanden sind. Nur ein geringer Teil der Zunahme war auf die Vergrößerung bestehender Symptome zurückzuführen (siehe Abbildungen 52 und 53).

Ab Variante Mills 2 erfolgte eine sprunghafte Zunahme der Symptomentwicklung. Die Varianten Mills 2 mit 20 und Mills 3 mit 30 simulierten Feuchtestunden zeigten mit 214,3% und 232,6% eine deutlich stärkere Zunahme als die Variante Mills 1. Die stärkste Zunahme mit 318% des Ausgangsbefalls konnte in der Variante mit 7tägiger nächtlicher Beregnung erzielt werden. Da aufgrund der natürlichen Taubildung wie bereits erwähnt täglich für einen Zeitraum von 16-17 Stunden Blattfeuchte vorherrschte, kann man annehmen, dass die nächtliche Beregnung keine wesentliche Verlängerung der natürlichen Blattfeuchtedauer bedingte. Der ausgeprägte Unterschied der Befallszunahme zu den Varianten 1 bis 4 muss daher in engem Zusammenhang mit der in dieser Variante simulierten Niederschlagsmenge stehen.

Tabelle 18: Befallszunahme nach kontrollierter Beregnung 2009, Standort Bavendorf

Variante	Befall vorher (cm ²)	Befall nachher (cm ²)	Zunahme (cm ²)	Zunahme (%)
ohne Beregnung	2,2	4,1	1,9	86,4
Mills 1	6,3	11,6	5,4	85,8
Mills 2	4,9	15,4	10,5	214,3
Mills 3	4,6	15,3	10,7	232,6
Nachts (1 Woche)	5	20,9	15,9	318

	
<p>Abbildung 50: ohne Beregnung. Schwarz: vorher, Rot + blau: nachher</p>	<p>Abbildung 51: jeweils Nachts beregnet für 1 Woche. Schwarz: vorher, Rot + blau: nachher</p>
	
<p>Abbildung 52: Vergrößerung bereits vorhandener Flecken. Schwarz: vorher, Rot + Blau: nachher</p>	<p>Abbildung 53: neu hinzukommende Flecken. Schwarz: vorher, Rot + Blau: nachher</p>

3 Zusammenfassende Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1 Ermittlung der Überwinterungsquartiere und alternativer Wirtspflanzen (TB 1)

Die effektive Kontamination einer bis dato unverseuchten Fläche mit RFK-Inokulum ist möglich, wenn Zweige bekannter Alternativwirte (z.B. Brombeere) in die Bäume gehängt werden. Anschließend können sich die Erreger in der Fläche halten, ohne dass ein erneuter Eintrag von Inokulum von außen nötig ist. Eine Besiedlung muss also nicht, wie oft in der Literatur behauptet wird, erneut alljährlich von außen beginnen. Wie in diesem Projekt gezeigt werden konnte, stellen überwinterte Fruchtmumien eine in der Fachwelt bisher noch nicht beachtete Inokulum-Quelle innerhalb der Apfelanlage dar. Die Eigenschaft der Mumien-Retention ist sortenspezifisch und kann, zusammen mit anderen Faktoren wie beispielsweise der Baumarchitektur, eine Erklärung für die beobachteten Sortenunterschiede in der Besiedlungsdichte durch die RFK sein. Dieser Faktor der Sortenunterschiede, welcher sich direkt aus den im bisherigen Projekt gewonnenen Erkenntnissen ergibt, soll während der Projektverlängerung detaillierter untersucht werden. Auch die Früchte von Bestäuber-Bäumen zeigten Befall durch den RFK-Erreger *Peltaster* sp. Da diese Früchte als Mumien am Baum den Winter überdauern, gilt auch für sie die oben getroffene Aussage.

3.2 Identifizierung der an den Standorten dominierenden RFK-/FSK-Erreger (TB 2)

Kritische, mehrjährige vergleichende Untersuchungen und die mikrobiologisch sehr anspruchsvolle Isolierung repräsentativer Erreger wurden durchgeführt. Eine Stammsammlung von über 100 repräsentativen Isolateneinheiten wurde erstellt. Es konnte in diesen Arbeiten ermittelt werden, dass in beiden bedeutenden deutschen Obstanbaugebieten der Bodensee- und Niederelbe-Region ein und dieselbe RFK-Erregerart dominiert. Dabei handelte es sich um *Peltaster* sp. (wahrscheinlich *P. fructicola*). Isolate beider Regionen werden derzeit auf ihre physiologischen Charakteristika untersucht, insbesondere mit Blick auf Wachstums-Temperaturkurven. Obgleich auch 2-3 weitere RFK-Erreger isoliert wurden und derzeit noch identifiziert werden, sind diese in ihrer Ausbreitung von so untergeordneter Bedeutung, dass eine Bekämpfung höchstens in Einzelfällen sinnvoll ist. Der FSK-Erreger *Schizothyrium pomi* wurde ebenfalls nachgewiesen, jedoch konnte ermittelt werden, dass die FSK in unseren Breiten im Gegensatz zu anderen Anbaugebieten keine bedeutsame bzw. bekämpfungswürdige Rolle spielt. Ein weiterer Pilz ohne direkte RFK- bzw. FSK-Symptomatik kam fast ubiquitär in den RFK-Belägen sowohl der Bodensee-Region als auch an der Niederelbe vor. Auch dieser Pilz wird weiter charakterisiert, wobei neben seiner Identität die Fragestellung nach seiner möglichen Bedeutung als Konsortienbildner im Vordergrund steht. Offenbar ist das RFK-Konsortium ein labiles Konstrukt, welches nach mehrmonatiger Lagerung erheblichen Veränderungen bis hin zur Nicht-Isolierbarkeit von *Peltaster* sp. und anderen RFK-typischen Pilzen unterliegt.

3.3 Bonitur der Symptomausprägung im Freiland (TB 3)

Das Auftreten der ersten RFK-Symptome am KOB Bavendorf konnte in verschiedenen Jahren zwischen dem 20. Juni und dem 15. Juli beobachtet werden. Dies entspricht einer Anzahl Tage zwischen Vollblüte und den ersten Symptomen zwischen 63 und 74. Werden die Feuchtestunden nach der Methode von Brown & Sutton (1995) aufsummiert, war für das Auftreten der ersten Symptome im Bestand eine Feuchtestundenzahl zwischen 205 und 241 Stunden notwendig. Der Schwellenwert lag dicht bei den aus Nordamerika bekannten 250 Nässestunden. Diese Erkenntnis ist von entscheidender Bedeutung für die zukünftige Simulation der RFK mit Hilfe von Prognosemodellen, die durch Computer und Wetterstationen gestützt werden. Schwankungen bei der Berechnung sind dabei bedingt durch die Verwendung unterschiedlicher Blattfeuchtesensoren sowie die Stellung der Feuchtesensoren im Baum. Sie sind somit nicht gänzlich zu vermeiden.

Für die Weiterentwicklung bereits vorhandener Symptome auf den Früchten scheint die Niederschlagsmenge gegenüber den Blatt Nasszeiten von untergeordneter Bedeutung zu sein. Sowohl am Standort Bavendorf als auch im Alten Land konnte keine Zunahme des Befallsumfangs nach 4-monatiger Lagerung festgestellt werden.

Flächige Bonituren am OVB Jork haben gezeigt, dass innerhalb einer Anlage starke Gradienten in den Befallsgraden durch die RFK bestehen können, die sich Jahr für Jahr wiederholen. Zudem wurden drastische Sortenunterschiede zwischen 'Topaz' (niedriger Befall) und 'Dalinbel' (hoher Befall) beobachtet, welche mit der Überwinterung von Fruchtmumien an 'Dalinbel'-Bäumen sowie ihrer geschlossenen Architektur erklärt werden können. Die Bonituren deuten ferner darauf hin, dass das Inokulum aus Quellen innerhalb der Anlage kam, nicht von außen.

3.4 Infektionsdynamik im Freiland (TB 4)

Durch periodisches Ein- bzw. Austüten von Früchten im vermeintlichen Hauptinfektionszeitraum Juni bis August, durch den Schutz einer Ertragsanlage vor Regen durch Überdachung, sowie durch das temporäre Ausstellen von Topfbäumen in einer Praxisanlage und die anschließende Inkubation unter kontrollierten Bedingungen konnten einige kritische Aspekte der Infektionsbiologie der RFK herausgearbeitet werden. Zum einen gibt es offenbar keine eng begrenzten Infektionszeiträume, vielmehr sind Infektionen prinzipiell in der gesamten Vegetationsperiode ab dem T-Stadium der Früchte möglich. Zum zweiten scheinen RFK-Erreger mindestens 15 Wochen lange Trockenphasen überdauern zu können, da derart lange eingetütete Früchte nach anschließender Inkubation in entsprechender Blattnässe RFK-Symptome entwickelten. Drittens ist die Stärke des resultierenden Gesamtbefalls zur Ernte eine Funktion der Länge der Zeit, in der die Früchte den natürlichen Infektionsbedingungen ausgesetzt waren. Je später allerdings in der Saison Infektionen stattfinden, desto weniger Zeit haben die RFK-Pilze für die Besiedlung und Ausbreitung. Die Stärke der finalen Befallsausprägung steht somit im engen Zusammenhang mit der Dauer zwischen Infektionszeitpunkt und Ernte. Späte Infektionen können wahrscheinlich aufgrund der langen Inkubationsdauer bis zur Symptomausprägung nicht mehr zu starken Befallsgraden führen. Demgegenüber steht die an Topfbäumen gemachte Beobachtung, dass ab dem Zeitpunkt der ersten RFK-Symptome in einem Bestand die Bildung von Symptomen durch Neuinfektionen schneller, d.h. nach kürzerer kumulativer Blattnässe, erfolgt als zu Beginn der Vegetationsperiode. Verantwortlich für diese beschleunigten Infektionen sind wahrscheinlich die auf RFK-Läsionen gebildeten Konidien.

3.5 Inokulum-Aufbau in Abhängigkeit von Regendauer und Regenintensität (TB 5)

Mittels künstlicher Beregnung einer durch ein Foliendach vor natürlichen Niederschlagsereignissen geschützten Ertragsanlage der Sorte „Topaz“ wurden Untersuchungen zur Dynamik des Inokulumaufbaus und der Symptomausprägung in Abhängigkeit von Regendauer und Regenintensität durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche haben gezeigt, dass eine Ausbildung der RFK-Symptome bereits durch nächtliche Taufeuchte von 16-17 Stunden möglich ist, dass diese jedoch durch zunehmende Niederschlagsmengen deutlich beschleunigt wird und somit in einem höheren finalen Befall resultiert. Ausschlaggebend bei der Befallszunahme war weniger die Vergrößerung bereits vorhandener Symptome als vielmehr die Symptombildung bereits vorab erfolgter Infektionen.

3.6 Transfer in die praktische Anwendung (TB 6)

Der Transfer in die praktische Anwendung muss einerseits über die Kommunikation der bisher erzielten Ergebnisse, andererseits über die Verifizierung der hier erstellten Arbeitshypothesen durch kritische praxisrelevante Versuche erfolgen. Eine Disseminierung der bislang generierten Ergebnisse erfolgt aktuell durch erste Publikationen (Mayr *et al.*,

2008, 2009; Buchleither *et al.*, 2009; Gleason *et al.*, in Vorbereitung). Ein direkter Praxisbezug wird auf Beratungsveranstaltungen in den beiden Obstbauregionen Bodensee und Altes Land sowie national und ggf. international erfolgen.

Die Summe der hier generierten Daten zeigt eine scheinbare Diskrepanz zwischen einem ab dem T-Stadium und somit unerwartet früh einsetzenden Befallsbeginn durch die RFK und beschleunigten Neu-Infektionen im späteren Saisonverlauf nach dem Erscheinen der ersten RFK-Symptome in einer Anlage. Diesen Widerspruch gilt es durch kritische Versuchsarbeit in Form von terminierten Spritzversuchen aufzulösen. Für weitere Versuche, die im Rahmen einer Verlängerung dieses Projekts durchgeführt werden sollen, gilt die Annahme, dass durch eine frühe Bekämpfung zum Zeitpunkt des T-Stadiums die Befallsentwicklung durch RFK-Erreger verzögert und somit der finale Befallsgrad effektiver reduziert werden kann als dies durch späte Behandlungen möglich ist.

4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Viele der hier gewonnenen Erkenntnisse sind von direkter Relevanz für den praktischen Obstbau, insbesondere die ökologische Kulturführung, und können in die betriebliche Praxis umgesetzt werden. Schlüsselaspekte werden nachfolgend zusammengefasst.

4.1 Ermittlung der Überwinterungsquartiere und alternativer Wirtspflanzen (TB 1)

Am Baum verbliebene Fruchtmumien können ein wichtiger Träger endogenen Inokulums sein. Sollte sich diese Erkenntnis in weiterführenden Versuchen bestätigen lassen, könnte durch eine winterliche Entfernung der Fruchtmumien eine Reduzierung bzw. ein verzögerter Ausbruch des RFK-Befalls erreicht werden. Da Fruchtmumien auch Träger von Infektionsquellen anderer phytopathogener Pilze sind, lässt sich mit dieser phytosanitären Maßnahme ein Synergie-Effekt erzielen, der sich auch in Form einer Reduzierung von Fungizidmaßnahmen im kritischen Vorernte-Bereich auswirken würde. Ein lichter Schnitt der Bäume könnte ebenfalls zur Reduzierung der RFK beitragen; auch dieser Aspekt wäre in Versuchen zu überprüfen. Sollte sich auch in anderen Anlagen bestätigen lassen, dass endogene Infektionsquellen (z.B. Fruchtmumien) unter mitteleuropäischen Bedingungen eine größere Rolle spielen als exogene Quellen (z.B. Alternativwirte), wäre auch diese Erkenntnis von Bedeutung in der Bewertung von Windschutzhecken und angrenzenden Gehölzen.

Die gewonnenen Erkenntnisse, dass sich die RFK im Bestand etablieren kann und Infektionen aus Befallsquellen in der Anlage selbst eine bedeutende Rolle spielen, lassen die Schlussfolgerung zu, dass sanitäre Maßnahmen zur Reduktion des anlagenspezifischen Inokulums einen weiteren Baustein in der Bekämpfungsstrategie darstellen könnten. Im Rahmen der Projektverlängerung sollen diese Ansätze im Freiland überprüft werden.

4.2 Identifizierung der an den Standorten dominierenden RFK-/FSK-Erreger (TB 2)

Die hier gewonnene Erkenntnis, dass in Mitteleuropa nur ein dominanter RFK-Erreger vorliegt, ist bedeutsam, da sie die Optimierung der RFK-Prognose und somit der RFK-Bekämpfung deutlich einfacher gestaltet als in anderen Ländern, in denen verschiedene Erreger der RFK und FSK aktiv sind (Gleason *et al.*, in Vorbereitung). Es kann nun ein auf *Peltaster* sp. zugeschnittenes Prognosemodell entwickelt bzw. optimiert werden.

4.3 Bonitur der Symptomausprägung im Freiland (TB 3)

Die hier vorgelegten Arbeiten bieten einen ersten Erklärungsansatz für die häufig gemachten Beobachtungen von Sortenunterschieden in der Schwere von RFK-Infektionen. Hieraus ergeben sich zunächst interessante weitere Versuchsfragen, um diese Sortenunterschiede

zu bestätigen und ggf. zu quantifizieren. Sollte dies gelingen, wäre eine offensichtliche Konsequenz die Bepflanzung gefährdeter Flächen mit wenig RFK-anfälligen Sorten.

Eine wichtige aktuelle Erkenntnis in der Befallsdynamik ist der Nachweis, dass die Blattnässestunden in Deutschland denen aus Nordamerika sehr stark ähneln.

Die Eingrenzung eines für das Auftreten erster Symptome notwendigen Feuchtestundenbereiches dient der Modellierung in Prognosemodellen sowie den Obstbauern zur Terminierung der ersten Symptome im Bestand.

4.4 Infektionsdynamik im Freiland (TB 4)

Für die Ausarbeitung einer Bekämpfungsstrategie ist die gewonnene Erkenntnis, dass Infektionen zwischen T-Stadium und Ernte fortlaufend stattfinden, hilfreich. Auch die Feststellung, dass die zur Inkubation notwendige Blattfeuchtedauer im Laufe der Saison abnimmt, späte Infektionen aber aufgrund der relativ langen Inkubationsphase nicht mehr zu hohen Schädigungsgraden führen können, ist entscheidend für die Ausarbeitung von Bekämpfungsstrategien sowie für die Optimierung von Prognosemodellen.

4.5 Inokulum-Aufbau in Abhängigkeit von Regendauer und Regenintensität (TB 5)

Prognosemodelle und Bekämpfungsstrategien müssen aufgrund der gewonnenen Erkenntnis, dass bereits Taufeuchte für die Zunahme der Befallsausprägung ausreichend ist, überdacht und angepasst werden. Der gezeigte Zusammenhang zwischen Regenmenge und Zunahme der Befallsdynamik muss in weiteren Versuchen spezifiziert und eingegrenzt werden, um zukünftig eine kalkulatorische Bewertung der natürlichen Niederschlagsereignisse in einzelnen Zeiträumen im Prognosemodell vornehmen zu können. Denkbar ist hier die Einführung einer Rückkopplungsfunktion in das Prognosemodell, so dass das im Laufe der Saison am KOB Bavendorf und/oder am OVB Jork ermittelte Datum des ersten Auftretens von RFK-Symptomen als Fixpunkt eingegeben und anschließend für die zweite Saisonhälfte eine verkürzte Blattnässedauer veranschlagt wird.

4.6 Transfer in die praktische Anwendung (TB 6)

Der in diesem Gemeinschaftsprojekt generierte Wissensgewinn wird direkt und indirekt in die obstbauliche Praxis umgesetzt.

Direkte Konsequenzen sind

- Mögliche Standardisierung der Behandlungsmethoden in den wichtigsten deutschen Obstbauregionen durch das Wissen, dass in beiden Regionen derselbe Erreger dominiert.
- (Noch vorläufige) Beratungsempfehlungen von frühen Behandlungen (ab T-Stadium)
- Input von klar definierten Parametern in Prognosemodelle (Rolle der Taufeuchte, kumulative Blattnässe von 250 Stunden ab Blühende zum Beginn der ersten Symptome, reduzierte Blattnässe ab Detektion der ersten RFK-Symptome im Gebiet). Weitere Parameter (v.a. Temperaturoptimum von *Peltaster* sp.) werden derzeit präzisiert und stehen zeitnah zur Verfügung.

Indirekte Konsequenzen in Form einer Fokussierung der weiteren Versuchsarbeit sind

- Überprüfung der Auswirkungen von phytosanitären Maßnahmen (Entfernen der Fruchtmumien) sowie Baumarchitektur auf den Befallsgrad der RFK
- Erarbeitung von Strategien für frühe (ab T-Stadium) und späte (ab Erscheinen der ersten Symptome) Behandlungen
- Überprüfung der Aussagekraft des modifizierten Prognosemodells
- Überprüfung von Sortenunterschieden in der Ausprägung der RFK-Symptome und Erarbeitung von Sortenempfehlungen für stark betroffene Lagen

5 Zusammenfassung

In einer dreijährigen Kooperation zwischen Institutionen der obstbaulichen Forschung der Regionen Bodensee und Niederelbe (Altes Land) wurden Schlüsselparameter der bisher unter europäischen Bedingungen nur wenig erforschten Regenfleckenkrankheit (RFK) erarbeitet. In beiden Regionen dominierte in allen drei Versuchsjahren 2007, 2008 und 2009 ein und derselbe RFK-Erreger, *Peltaster* sp. Weitere RFK-Erreger sowie der Erreger der Fliegenschmutzkrankheit (FSK), *Schizothyrium pomi*, kamen nur sporadisch vor und sind wahrscheinlich für die Bekämpfung der Symptome derzeit ohne Bedeutung. In beiden Regionen ist die RFK fast ausschließlich auf ökologisch bewirtschaftete Anlagen beschränkt. Eine Besiedlung von Obstanlagen durch RFK-Erreger findet zunächst von außen statt, kann dann aber in den darauf folgenden Jahren durch endogenes Inokulum getragen werden. Fruchtmumien spielen eine Rolle als endogene Infektionsquellen. Umfangreiche Versuche zur Präzisierung der Infektionsbedingungen haben ergeben, dass eine Besiedlung der jungen Früchte bereits zum sehr frühen Zeitpunkt des T-Stadiums und danach während des gesamten weiteren Saisonverlaufs erfolgen kann. Eine Eingrenzung von Hauptinfektionszeiträumen ist nicht möglich. Die Stärke des resultierenden Gesamtbefalls zur Ernte ist eine Funktion der Länge der Zeit, in der die Früchte den natürlichen Infektionsbedingungen ausgesetzt waren. Je später in der Saison Infektionen stattfinden, desto weniger Zeit haben die RFK-Pilze für die Besiedlung und Ausbreitung, so dass späte Infektionen i.d.R. nicht mehr zu starken Befallsgraden führen. Die Stärke der finalen Befallsausprägung steht somit im engen Zusammenhang mit der Dauer zwischen Infektionszeitpunkt und Ernte. Zur Ausprägung von RFK-Symptomen ist Blattfeuchte, auch in Form von Taubildung, ausreichend, jedoch wird die Symptombildung mit zunehmenden Niederschlagsmengen deutlich beschleunigt. Sind erste RFK-Symptome in einer Anlage sichtbar, verkürzt sich die zur Inkubation notwendige kumulative Blattnässedauer von etwa 250 auf unter 150 Stunden. Die RFK-Erreger scheinen eine mehrwöchige Trockenphase unbeschadet überdauern zu können. Apfelsorten können deutliche Unterschiede in der Ausprägung der RFK-Symptome zeigen, welche sich möglicherweise durch die Retention bzw. das Abwerfen von Fruchtmumien sowie auf die Position der Früchte im Inneren bzw. in der Peripherie des Baumes erklären lassen.

Die in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse können direkt oder indirekt als Impulse für die weitere Versuchsarbeit und die Entwicklung eines zuverlässigen Prognosemodells in die obstbauliche Praxis überführt werden.

6 Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Ziele

Es konnte in diesem Projekt trotz der sehr anspruchsvollen Thematik der RFK und der technischen Schwierigkeiten in der Umsetzung eine sehr hohe Erfüllungsquote der vorab formulierten Projektziele erreicht werden (Tab. 19). Angesichts des extrem langsamen Wachstums der RFK-Erreger kam es zu Verzögerungen in ihrer physiologischen und taxonomischen Charakterisierung. Bedingt durch die Verschiebung des Projektbeginns auf Juni 2007, hat sich auch der im 3. Projektjahr geplante Spritzversuch zur Überprüfung des adaptierten Prognosemodells verschoben. Der Versuch wurde im Juli 2010 gestartet, die Auswertung fällt bedingt durch den verspäteten Projektbeginn auf den Zeitraum nach Projektende, so dass die Ergebnisse in diesem Bericht noch nicht aufgeführt werden konnten. Die Bearbeitung der Projektziele einige höchst relevante neue Fragestellungen aufgeworfen. Einige dieser Fragen konnten bereits während der Laufzeit des aktuellen Projekts beantwortet werden, andere machten aufgrund der nötigen mehrjährigen Freilandversuche die Beantragung einer Verlängerung der Projektlaufzeit erforderlich. Die mit dieser Laufzeitverlängerung ermöglichte Fortsetzung der intensiven Vernetzung und Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern wird einen beträchtlichen zusätzlichen Informationsgewinn generieren, da sie neben der Beantwortung neuer Fragen eine intensivere Auseinandersetzung mit den ursprünglichen bzw. im Lichte der Erkenntnisse modifizierten Problemen der RFK ermöglicht.

Tabelle 19: Gegenüberstellung der geplanten bzw. im Projekt neu aufgetretenen Ziele, der erreichten Ziele, weiterer Aktivitäten sowie neuer Fragestellungen, die sich aus diesem Projekt ergeben haben.

Geplantes Ziel	Status ¹	Kernaussage bzw. noch nötige Arbeiten	Weitere Fragestellungen
Überwinterungsquartiere und alternative Wirtspflanzen	■	Rolle der Fruchtmumien und Bestäuberbäume	Feldversuche zur Überprüfung der Praxisrelevanz
Identifizierung der dominierenden Erreger	■ / ■	Eine dominierende Art. Abschließende Charakterisierung und Identifizierung der Isolate	Untersuchungen des Erregerspektrums bei verschiedenen Sorten
Aufklärung der Infektionsdynamik im Freiland	■	Blattnässe und endogenes Inokulum sind wichtige Parameter. Keine abgrenzbaren Infektionszeiträume. Zur Inkubation notwendige kumulative Blattfeuchtedauer nimmt im Laufe der Saison und ab dem Auftreten erster Symptome ab. Stärke des resultierenden Gesamtbefalls zur Ernte ist eine Funktion der Länge der Zeit, in der die Früchte den natürlichen Infektionsbedingungen ausgesetzt waren. Die RFK-Erreger können eine mehrwöchige Trockenphase unbeschadet überdauern.	Feldversuche zur Erfassung der Auswirkungen von Behandlungen zu unterschiedlichen Zeiträumen (früh/spät)
Dynamik des Inokulum-Aufbaus in Abhängigkeit von Niederschlag	■	Ausbildung der RFK-Symptome bereits durch nächtliche Taufeuchte von 16-17 Stunden möglich. Zunahme der Symptome in Abhängigkeit der Niederschlagsmenge.	
Symptomausprägung im Freiland und unter kontrollierten Bedingungen	■	Zur Ausprägung der 1. Symptome notwendige Anzahl Blattnässestunden ähnelt den in amerikanischer Literatur beschriebenen 250 Feuchtestunden. Vorhandensein starker Befallsgradienten in einer Anlage, die sich Jahr für Jahr wiederholen. Drastische Sortenunterschiede möglich. Bedeutung des Inokulum von Quellen innerhalb der Anlage.	Weiterführende Untersuchungen zur Sortenanfälligkeit Feldversuche mit sanitären Maßnahmen und Voraustriebsbehandlungen
Transfer der Erkenntnisse in die praktische Arbeit	■ / ■	Parameter für RIMpro definiert. Testen des modifizierten RIMpro-Moduls	Publikationen, Disseminierung der Erkenntnisse

¹ Versuche abgeschlossen bzw. noch in Arbeit

Zusätzliches Ziel	Status	Kernaussage bzw. noch nötige Arbeiten	Weitere Fragestellungen
Dynamik der RFK unter Lagerbedingungen	■	Bei <i>Peltaster sp.</i> findet keine weitere Entwicklung im Lager statt.	Degenerierung des RFK-Belages durch Mycoparasitismus?
Verständnis der RFK als Konsortium von Pilzen	■ / ■	Nicht-RFK-Pilze mit RFK assoziiert. Identifizierung der assoziierten Pilze.	Belagsbildung: Rolle anderer Pilze? Mögliche Bekämpfung?

¹ Versuche abgeschlossen bzw. noch in Arbeit

7 Literaturverzeichnis

- Baker K.F., Davis L.H., Durbin R.D., Snyder W.C. (1977). Greasy blotch of carnation and flyspeck of apple: diseases caused by *Zygophiala jamaicensis*. *Phytopathology* **67**: 580-588.
- Batzer J.C., Gleason M.L., Harrington T.C., Tiffany L.H. (2005). Expansion of the sooty blotch and flyspeck complex on apples based on analysis of ribosomal DNA gene sequences and morphology. *Mycologia* **97**: 1268-1286.
- Batzer J.C., Díaz Arias M.M., Harrington T.C., Gleason M.C., Groenevald J.C., Crous P.W. (2008). Four species of *Zygophiala* (Schizothyriaceae, Capnodiales) are associated with the sooty blotch and flyspeck complex on apple. *Mycologia* **100**: 246-248.
- Belding R.B., Sutton D.B., Blankenship S.M., Young E. (2000). Relationship between apple fruit epicuticular wax and growth of *Peltaster fructicola* and *Leptodontium elatus*, two fungi that cause sooty blotch disease. *Plant Disease* **84**: 767-772.
- Brown E.M., Sutton T.B. (1995). An empirical model for predicting the first symptoms of sooty blotch and flyspeck of apples. *Plant Disease* **79**: 1165-1168.
- Díaz Arias M.M., Batzer J.C., Wang Wong A., Bost S.C., Cooley D.R., Ellis M.A., Hartman J.R., Rosenberger D.A., Sundin G.W., Sutton T.B., Travis J.W., Wheeler M.J., Yoder K.S., Gleason M.L. (2010). Diversity and biogeography of sooty blotch and flyspeck fungi on apple in the eastern and midwestern United States. *Phytopathology* **100**: 345-355.
- Johnson E.M., Sutton T.B., Hodges C.S. (1997). Etiology of apple sooty blotch disease in North Carolina. *Phytopathology* **87**: 88-95.
- Nasu H., Kunoh H. (1987). Scanning electron microscopy of flyspeck of apple, pear, Japanese persimmon, plum, Chinese quince, and pawpaw. *Plant Disease* **71**: 361-364.
- Quast G., Weber R.W.S. (2008). Aktuelles zur Infektionsbiologie von *Diplodia seriata* an Äpfeln im Niederelbegebiet. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **63**: 340-347.
- Schoch C.L., Shoemaker R.A., Seifert K.A., Hambleton S., Spatafora J.W., Crous P.W. (2006). A multigene phylogeny of the Dothideomycetes using four nuclear loci. *Mycologia* **98**: 1041-1052.
- Trapman M. (2006). Observations on the epidemiology of sooty blotch in organic orchards in the Netherlands. Proceedings of the 12th International Conference on Cultivation Techniques and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing (ed. Boos M.), 125-132. FÖKO: Weinsberg.
- Weber R.W.S., Quast G. (2009). Die Schwarze Sommerfäule des Apfels. *Obstbau* **34**: 388-390.
- Weber R.W.S., Stenger E., Meffert A., Hahn M. (2004). Brefeldin A production by *Phoma medicaginis* in dead pre-colonized plant tissue: a strategy for habitat conquest? *Mycological Research* **108**: 662-671.
- Weber R.W.S., Maxin P., Trapman M. (2008). *Diplodia seriata* als Ursache der schwarzen Sommerfäule im ökologischen Apfelanbau Norddeutschlands. *Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes* **63**: 46-50.
- Webster J., Weber R.W.S. (2007). *Introduction to Fungi (third edition)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Williamson S.M., Sutton T.B. (2000). Sooty blotch and flyspeck of apple: etiology, biology, and control. *Plant Disease* **84**: 714-724.
- Wrona B., Grabowski M. (2004). Etiology of apple sooty blotch in Poland. *Journal of Plant Protection Research* **44**: 293-297.

8 Realisierte Publikationen

Dieses in enger Kooperation verschiedenartig aufgestellter Arbeitsgruppen durchgeführte Projekt hat in vielen Aspekten der Biologie und Bekämpfung der RFK-Erreger Erkenntnisse erbracht, die im Vorfeld nicht zu erahnen waren. Die dadurch ermöglichte europäische Komponente der RFK-Forschung wird in einen in der Vorbereitung befindlichen globalen Übersichtsartikel zu diesem Thema einfließen (Gleason *et al.*, 2010) und in weiteren nationalen und internationalen Veröffentlichungen publiziert sowie den Obsterzeugern und ihren Beratern vermittelt werden. Viele Aspekte der hier durchgeführten RFK-Forschung sind nun publizierbar, andere (z.B. taxonomische Arbeiten) werden im Laufe des zweiten Halbjahres 2010 so beendet, dass eine kritische Publikation möglich sein wird. Es ist also mit mehreren weiteren Publikationen nach Ende des derzeitigen Projekts bzw. während der Projektverlängerungsphase zu rechnen.

Bisher sind folgende Publikationen aus diesem Projekt erschienen bzw. in fortgeschrittener Vorbereitung:

Gleason M.L., Batzer J.C., Harrington T.C., Guangyu S., Zhang R., Díaz Arias M.M, Sutton T.B., Crous P.W., Ivanović M., McManus P.S., Cooley D.R., Mayr U., Weber R.W.S., Yoder K.S., del Ponte E.M., Biggs A.R., Oertel B. (2010). A new view of sooty blotch and flyspeck. *Plant Disease* (in Vorbereitung).

Mayr U., Spaeth S., Buchleither S., Maxin P., Weber R.W.S. (2008). Strategien gegen die Regenfleckenkrankheit. *Bioland* 06/2008: 16-17.

Buchleither S., Späth S. und Mayr. U. 2009: Regenfleckenforschung - ein Zwischenbericht. *Öko-Obstbau* 1/2009, S. 23-29.

Mayr U., Späth S., Buchleither S. (2010). Sooty Blotch Research – a Progress Report. In *Proceedings of the 14th International Conference on Organic Fruit-Growing*: 70-77. Hohenheim: FÖKO.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Starker RFK-Befall an ökologisch produzierten 'Elstar'-Äpfeln an der Niederelbe (Oktober 2008).	5
Abbildung 2: Feuchtekammer am Beispiel „Zweige aus der Hecke“, KOB Bavendorf 2008	12
Abbildung 3: Potentielle Überwinterungsquartiere der RFK-Erreger	13
Abbildung 4: Kolonisierung einer Fruchtmumie durch einen Schwärzepilz.	13
Abbildung 5: Bildung von RFK auf einer 'Topaz'-Frucht in Kontakt mit einer überwinterten Fruchtmumie, während die benachbarten Früchte noch befallsfrei sind (5. Aug. 2008).	14
Abbildung 6: Köderung des RFK-Erregers <i>Peltaster fructicola</i> sowie von <i>Diplodia seriata</i> aus überwinterten Fruchtmumien nach 30-tägiger Inkubation (18. Juni 2009).	15
Abbildung 7: Bildung von RFK-Belag durch <i>Peltaster fructicola</i> auf reifen Früchten der Bestäuber-Sorte 'Golden Hornet' (14. Okt. 2009).	15
Abbildung 8: <i>Peltaster fructicola</i> , Erreger der Regenflecken-Krankheit (links) und <i>Schizothyrium pomi</i> , Erreger der Fleigenschmuth-Krankheit (rechts).	16
Abbildung 9: Leichtes Wachstum des Isolats 046 von den Inokulums-Punkten auf die unmittelbar umgebende Fruchtoberfläche nach 5 Wochen bei 22 °C und täglicher Befeuchtung.	17
Abbildung 10: Morphologische Merkmale des RFK-Erregers <i>Peltaster fructicola</i> (Typ 1)	19
Abbildung 11: Morphologische Merkmale des FSK-Erregers <i>Schizothyrium pomi</i> (Typ 6)	19
Abbildung 12: Morphologische Merkmale des noch nicht identifizierten RFK-Erregers Typ 2	19
Abbildung 13: Morphologische Merkmale von <i>Pseudocercospora</i> sp. (Typ 5/7)	20
Abbildung 14: Erscheinungsbild einer RFK-befallenen 'Topaz'-Frucht zum Zeitpunkt der Ernte am 29. Sept. 2009 (links) und nach über 8-monatiger Lagerung am 10. Juni 2010 (rechts).	24
Abbildung 15: Isolierbarkeit RFK-assoziierter Pilze direkt nach der Ernte (grün) sowie nach 10-wöchiger (gelb) und 8-monatiger Lagerung (braun).	24
Abbildung 16: Symptomaufbau 2008 am KOB Bavendorf	27
Abbildung 17: Wetterverlauf 2008, Vollblüte bis Ernte – KOB Bavendorf	27
Abbildung 18: Details der flächig bonitierten 'Dalinbel'/'Topaz'- Anlage auf der Esteburg (E2)	29
Abbildung 19: Vergleich der Auswertung nach Gesamtzahl befallener Früchte (A) und durchschnittlichem Befallsgrad (B) für die Sorten 'Topaz' und 'Dalinbel' an drei Terminen des Jahres 2008.	30
Abbildung 20: Vergleich der Auswertung nach Gesamtzahl befallener Früchte (A) und durchschnittlichem Befallsgrad (B) für die Sorten 'Topaz' und 'Dalinbel' an drei Terminen des Jahres 2009.	31
Abbildung 21: Vergleich des RFK-Befallsgrades in direkt benachbarten Reihen von 'Topaz' und 'Dalinbel' im Jahre 2008.	31
Abbildung 22: Vergleich des RFK-Befallsgrades in den drei beprobten 'Topaz'-Reihen im Jahre 2008.	32
Abbildung 23: Vergleich des RFK-Befallsgrades an frei hängenden Früchten und solchen mit anliegenden Fruchtmumien in einer 'Dalinbel'-Reihe im Jahre 2007.	32
Abbildung 24: Architektur von 'Dalinbel' (li.) und 'Topaz' (re.) in der beprobten Fläche.	33
Abbildung 25: Ergebnis des Ein- und Austütversuches, 2009	35
Abbildung 26: Ein- und Austütversuch, Anzahl Tage in Tüte – Schädigungsgrad, Jahre 2008 und 2009	36

Abbildung 27: Variante A: 25.05.-02.06. eingetütet.....	37
Abbildung 28: Variante H: 25.05.-22.07. eingetütet	37
Abbildung 29: Boniturschema zur Flächenbestimmung des Befalls auf der Fruchtschale in cm ²	39
Abbildung 30: Äpfel im Gras – Entwicklung von Symptomen in Abhängigkeit der Dauer des Eingetütetseins, 2009	40
Abbildung 31: Topfbäume zur Blüte 2008 im Tunnel bzw. in der Befallsanlage im Öko- Betrieb Hüttenweiler, 2009	40
Abbildung 32: Niederschlagsmengen und Blattnass-Stunden am Standort Schlachters 2008: Übersicht über die Infektionszeiträume vom 06.06.08 bis 04.08.08	43
Abbildung 33: Erste Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Opal nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008	44
Abbildung 34: Zweite Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Opal nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom – 28.08.08.	25. 44
Abbildung 35: Erste Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Topaz nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom 29.07. – 05.08.08.	44
Abbildung 36: Zweite Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Topaz nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008: Übersicht über die Infektionsvarianten. Bonitur vom 25. – 28.08.08.	44
Abbildung 37: Untersuchungen auf Regenfleckenbefall bei Opal in einer praxisüblichen Anlage 2008: Wöchentliche Bonitur vom 28.07.08 bis zur Ernte am 13.10.08.	45
Abbildung 38: Niederschlagsmengen und Blattnass-Stunden am Standort Schlachters 2008: Übersicht über den Infektionszeitraum vom 08.07.08 bis 27.08.08	45
Abbildung 39: Übersicht über die Zeiträume auf der Befallsfläche	46
Abbildung 40: Wetteraufzeichnungen der Befallsan-lage Hüttenweiler 2009	47
Abbildung 41: Verlauf des natürlichen Regenfleckenbefalls in der Befallsanlage Hüttenweiler 2009	47
Abbildung 42: Überblick RFK-Befall durch Inokulation von Container-Bäumen 2009 am Standort Hüttenweiler	48
Abbildung 43: Teilansicht: Auswirkung monatlicher Infektionsdauer am Standort Hüttenweiler auf den Regenfleckenbefall an Container-Bäumen.	49
Abbildung 44: Aufsummierte Blattnass-Stunden in Abhängigkeit vom Inokulationsbeginn. Das Auftreten der ersten RFK-Symptome ist durch Pfeile markiert.....	50
Abbildung 45: Auswirkung einer zwei Monate andauernden Infektion am Standort Hüttenweiler auf den Regenfleckenbefall an Container-Bäumen	51
Abbildung 46: Temporär abgedeckte Versuchsglieder.....	52
Abbildung 47: Witterungsverlauf im Jahr 2009 am Standort Bavendorf	53
Abbildung 48: Versuchsanlage mit Folienüberdachung und künstlichem Beregnungs- system, Sorte Topaz, Standort Bavendorf	55
Abbildung 49: Beregnungscomputer mit neun unterschiedlichen Ausgängen.....	55
Abbildung 50: ohne Beregnung. Schwarz: vorher , Rot + blau: nachher	59
Abbildung 51: jeweils Nachts beregnet für 1 Woche. Schwarz: vorher, Rot + blau: nachher	59
Abbildung 52: Vergrößerung bereits vorhandener Flecken. Schwarz: vorher, Rot + Blau: nachher	59
Abbildung 53: neu hinzukommende Flecken. Schwarz: vorher, Rot + Blau: nachher.....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Chronologische Darstellung der abgeschlossenen (Grau) und aktuell noch bearbeiteten (rot) Aufgaben sowie der Arbeitsteilung zwischen den Projektpartnern 07/2007-06/2010.	8
Tabelle 2: Kühlbrutschrankversuch 2008: Untersuchte potentielle Überwinterungsquartiere.....	12
Tabelle 3: Vorkommen ausgewählter RFK- und FSK-Erreger und anderer Pilze auf befallenen Früchten aus Topazanlagen verschiedener ökologischer Obstbauflächen im Bodensee-Gebiet 2008 und 2009.....	21
Tabelle 4: Vorkommen ausgewählter RFK- und FSK-Erreger und anderer Pilze auf befallenen Früchten aus ökologisch bewirtschafteten Apfelanlagen verschiedener Sorten im Niederelbe-Gebiet 2008 und 2009.....	22
Tabelle 5: Befallsklassen für flächige Regenflecken-Bonituren am OVB Jork und KOB Bavendorf.....	25
Tabelle 6: Regenfleckenaufkommen – Vergleich der Jahre 2007 bis 2009 am KOB Bavendorf.....	28
Tabelle 7: Ein- und Austüten von Früchten, 2007-2009.....	34
Tabelle 8: Ein- und Austütversuch, Anzahl Tage in Tüte – Schädigungsgrad, Jahre 2008 und 2009.....	36
Tabelle 9: Container-Bäume-Versuch 2008: Übersicht über die Infektionszeiträume am Standort Lindau-Schönau.....	41
Tabelle 10: Dritte Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Opal nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008.....	44
Tabelle 11: Dritte Untersuchung auf Regenfleckenbefall bei Topaz nach natürlicher Infektion in Lindau-Schönau 2008.....	45
Tabelle 12: Ergebnisse des Versuches mit temporärer Folienüberdachung am Standort Bavendorf.....	53
Tabelle 13: Berechnungsvarianten 2008, Standort Bavendorf.....	56
Tabelle 14: Überdachung 2008: Symptomaufbau bis zur Ernte, Anzahl Äpfel je Befallsklasse.....	56
Tabelle 15: Berechnung 2009, Standort Bavendorf.....	57
Tabelle 16: Anzahl taubedingter Feuchtestunden im Versuchszeitraum.....	57
Tabelle 17: Darstellung der Berechnungsintervalle 2009, Standort Bavendorf.....	58
Tabelle 18: Befallszunahme nach kontrollierter Berechnung 2009, Standort Bavendorf.....	58
Tabelle 19: Gegenüberstellung der geplanten bzw. im Projekt neu aufgetretenen Ziele, der erreichten Ziele, weiterer Aktivitäten sowie neuer Fragestellungen, die sich aus diesem Projekt ergeben haben.....	65